



PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAYAM PADA BERBAGAI WAKTU PENYIRAMAN

Syaiful Anwar^{1*}, Nindya Arini², Wahid Nur Fajri³

^{1,2}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus, Indonesia

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus, Indonesia

Email: Syaiful.anwar@umk.ac.id

Abstract

*Water management is a crucial factor in optimizing the productivity of leafy vegetables, including green spinach (*Amaranthus* sp.), particularly under limited water availability. Appropriate timing of irrigation may influence plant growth dynamics and biomass allocation. The study aimed to evaluate different irrigation times on the growth and biomass distribution of green spinach. The study was using a single factor with a completely randomized design, namely irrigation time, consisting of three treatments: morning irrigation (07:00), afternoon irrigation (16:00), and a combination of morning and afternoon irrigation (07:00 and 16:00). The treatment was replicated six times, resulting in 18 experimental units. Irrigation volume was standardized based on field capacity. Growth variables observed involved plant height, stem diameter, and number of leaves, while production variables consisted of fresh and dry weights of shoots and roots, as well as the shoot-to-root ratio. Data were analyzed using analysis of variance, with by the Honestly Significant Difference (HSD) test at a 5% significance level. The irrigation timing significantly affected plant height, number of leaves, and shoot-to-root ratio, but had no significant effect on stem diameter or total fresh and dry biomass. Morning irrigation produced a higher shoot-to-root ratio, indicating more efficient biomass allocation to the edible parts of the plant. In conclusion, morning irrigation is recommended as a practical water management strategy to support vegetatif growth and improve resource use efficiency in green spinach cultivation.*

Keywords: Biomass Allocation, Efficiency, Morning Irrigation, Resource, Water Management

Abstrak

Pengelolaan air merupakan faktor krusial dalam mengoptimalkan produktivitas sayuran daun, termasuk bayam hijau (*Amaranthus* sp.), terutama pada kondisi ketersediaan air yang terbatas. Waktu penyiraman yang tepat dapat memengaruhi dinamika pertumbuhan tanaman dan alokasi biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan waktu penyiraman terhadap pertumbuhan dan distribusi biomassa tanaman bayam hijau. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, yaitu waktu penyiraman, yang terdiri atas tiga perlakuan: penyiraman pagi (pukul 07.00), penyiraman sore (pukul 16.00), serta kombinasi penyiraman pagi dan sore (pukul 07.00 dan 16.00). Terdapat enam kali ulangan sehingga ada 18 satuan percobaan. Volume air penyiraman diseragamkan berdasarkan kapasitas lapang media tanam. Peubah yang diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun, sedangkan peubah produksi meliputi bobot segar dan bobot kering tajuk serta akar, serta rasio tajuk terhadap akar. Hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam kemudian diuji menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%. Waktu penyiraman

mempengaruhi secara signifikan atau nyata terhadap peubah pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, dan rasio tajuk terhadap akar), namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang serta bobot segar dan bobot kering total tanaman. Penyiraman pada pagi hari menghasilkan rasio tajuk terhadap akar yang lebih tinggi, yang menunjukkan alokasi biomassa yang lebih efisien pada bagian tanaman yang dikonsumsi. Dengan demikian, penyiraman pagi direkomendasikan sebagai strategi pengelolaan air yang praktis untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya pada budidaya bayam hijau.

Kata Kunci: Alokasi Biomassa, Efisiensi, Pengelolaan Air, Penyiraman Pagi, Sumber Daya

1. Pendahuluan

Bayam (*Amaranthus spp.*) merupakan komoditas hortikultura jenis sayuran daun yang memiliki tinggi gizi, salah satunya zat besi (Maurya & Arya, 2018). Bayam hijau 100 g mengandung zat besi atau Fe 8.3 mg (Rohmatika & Umarianti, 2017). Zat besi ini berkhasiat mencegah gejala anemia atau kekurangan hemoglobin (Istianah et al., 2019).

Tanaman bayam tergolong tanaman yang bisa dibudidayakan dalam waktu singkat sekitar saat fase vegetatif sekitar 30 hari setelah tanam (Rosyid et al., 2024). Produktivitas bayam hijau salah satunya ditentukan oleh ketersediaan air media tanam yang mencukupi selama fase vegetatif (Venkat & Muneer, 2025). Air memiliki peranan bermacam proses aktivitas fisiologi tumbuhan misalnya transpirasi, translokasi hara, pembelahan dan pembesaran sel, fotosintesis, serta pengaturan suhu jaringan tanaman (Taiz et al., 2015).

Salah satu aspek kunci dalam pengelolaan air pada budidaya sayuran daun adalah penentuan waktu penyiraman, karena berhubungan langsung dengan dinamika ketersediaan air tanah, laju evaporasi, dan efisiensi transpirasi tanaman. Pada tanaman bayam, penyiraman yang dilakukan setiap hari dilaporkan mampu menghasilkan performa panen yang lebih baik dibandingkan penyiraman dua atau tiga hari sekali (Tampubolon et al., 2017). Komoditas hortikultura lain, seperti bawang merah, di mana penyiraman dua kali sehari menghasilkan pertumbuhan vegetatif dan produksi umbi yang lebih tinggi dibandingkan penyiraman satu kali pada pagi atau sore hari (Sumarianti et al., 2022).

Perbedaan waktu penyiraman memengaruhi efisiensi serapan air oleh akar, kehilangan air melalui evaporasi, serta laju transpirasi tanaman (Saragih et al., 2023), (Venkat & Muneer, 2025). Secara fisiologis, tanaman mengalami fluktuasi status air harian, di mana kondisi air relatif menguntungkan terjadi pada malam hingga pagi hari, kemudian menjadi kurang menguntungkan pada siang hari akibat meningkatnya suhu dan radiasi matahari. Bahkan, transpirasi tanaman mencapai 200% dari kandungan air jaringannya dalam satu siklus harian (Caldeira et al., 2014).

Pembatasan air meskipun dalam periode singkat terbukti menurunkan kadar air relatif daun (Cechin et al., 2022). Penyiraman pada pagi hari umumnya dianggap lebih efektif dalam mendukung fotosintesis dan penyerapan air, karena ketersediaan air bertepatan dengan meningkatnya aktivitas fisiologis tanaman. Sebaliknya, penyiraman sore hari berpotensi mempertahankan kelembapan tanah hingga malam hari (Bodner et al., 2015). Namun, Venkat & Muneer (2025) menyatakan bahwa periode pukul 10.00–14.00

merupakan fase kritis cekaman kekeringan, sehingga ketersediaan air pada rentang waktu tersebut menjadi sangat menentukan bagi status air tanaman.

Sebagai dasar pengelolaan air yang lebih tepat pada budidaya konvensional perlu kajian lebih lanjut terkait waktu penyiraman lebih spesifik dalam sehari khususnya tanaman bayam merujuk hasil penelitian Tampubolon et al. (2017). Penentuan waktu penyiraman harian berkaitan dengan ritme sirkadian tanaman yang mengatur aktivitas fisiologis harian seperti pembukaan stomata, transpirasi, fotosintesis, dan penyerapan air pada pagi, siang, dan sore hari (Venkat & Muneer, 2025). Penelitian ini bertujuan mengetahui pertumbuhan dan hasil tanaman bayam hijau pada perbedaan waktu penyiraman harian.

2. Bahan dan Metode

Lokasi penelitian dilakukan di Greenhouse lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus yang berlangsung selama bulan November – Desember 2025. Penelitian ini menggunakan timbangan, meteran dan jangka sorong untuk pengukuran pengamatan. Bahan yang digunakan terdiri atas polybag, tanah, kompos, pupuk NPK Mutiara. Bibit yang digunakan bayam hijau cabut Varietas Arimbi.

Rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal, yaitu waktu penyiraman, yang terdiri tiga taraf perlakuan meliputi penyiraman dua kali sehari (pagi dan sore) pada pukul 07.00 dan 16.00 (T1), penyiraman pagi pada pukul 07.00 (T2), dan penyiraman sore pada pukul 16.00 (T3). Pemilihan waktu penyiraman didasarkan pada dinamika evapotranspirasi harian, di mana pukul 07.00 menyediakan air pada awal periode peningkatan evapotranspirasi, sedangkan pukul 16.00 membantu pemulihan status air tanaman setelah evapotranspirasi maksimum pada siang hari (Venkat & Muneer, 2025). Percobaan diulang enam kali dengan total 18 satuan percobaan. Satu percobaan berupa tiga polybag berisi tiga tanaman bayam hijau sehingga terdapat 54 polybag.

Penentuan Kapasitas Lapang Media Tanam

Untuk menyeragamkan volume air yang diberikan pada setiap penyiraman, dilakukan penentuan kapasitas lapang (*field capacity*/FC) media tanam polybag dengan tahapan sebagai berikut: Satu polybag contoh diisi media tanam sesuai komposisi perlakuan, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat awal (W_0). Media disiram secara perlahan hingga air keluar melalui lubang drainase, kemudian dibiarkan menetes selama 24 jam di dalam greenhouse untuk mencapai kondisi kapasitas lapang. Polybag ditimbang kembali untuk memperoleh berat pada kapasitas lapang (W_{fc}). Selisih antara W_{fc} dan W_0 dinyatakan sebagai jumlah air pada kapasitas lapang. Nilai kapasitas lapang ditentukan berdasarkan rata-rata beberapa polybag contoh dan digunakan sebagai standar volume air untuk seluruh perlakuan. Pada setiap penyiraman, air diberikan hingga berat polybag mencapai W_{fc} , sehingga volume air seragam pada setiap waktu penyiraman.

Penanaman dan Perlakuan Penyiraman

Setiap polybag diisi media tanam dan dipadatkan secara ringan, kemudian diberi label sesuai perlakuan. Sebanyak lima benih bayam ditanam pada setiap polybag. Setelah tanaman berumur sekitar tujuh hari dan tumbuh seragam, dilakukan penjarangan sehingga

tersisa tiga tanaman per polybag. Seluruh polybag disusun secara acak di dalam greenhouse. Perlakuan penyiraman mulai diterapkan sejak satu hari setelah tanam dengan ketentuan sebagai berikut: Perlakuan pagi dan sore: Tanaman disiram pukul 07.00 dan 16.00 sebanyak dua kali sehari pada (T1) Penyiraman pagi saja pukul 07.00 (T2), Penyiraman sore saja pada pukul 16.00 (T3).

Pengamatan

Peubah vegetatif yang diamati terdiri atas tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), dan jumlah daun (helai). Peubah produksi meliputi bobot segar dan bobot kering tajuk serta akar (g), serta rasio tajuk terhadap akar. Pengamatan dilakukan secara periodik selama masa pertumbuhan tanaman meliputi 2, 4 dan 6 minggu setelah tanam (MST) dan dilanjutkan dengan komponen produksi pada umur 6 MST sesuai dengan masing-masing peubah yang diamati.

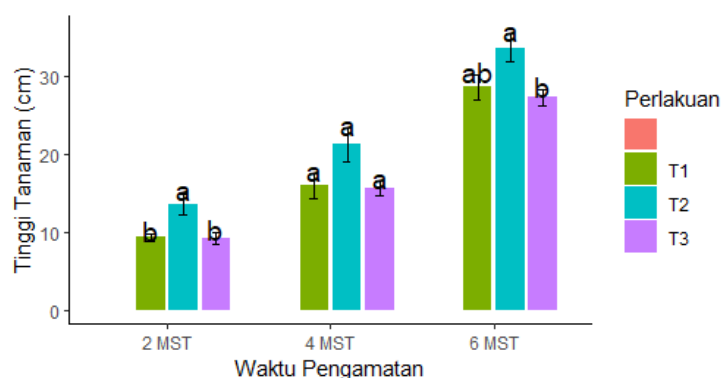
Analisis Data

Analisis ragam (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95% digunakan untuk analisis data. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5% digunakan ketika terdapat peubah yang berpengaruh nyata atau signifikan. Perangkat lunak R Studio digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Tinggi Tanaman

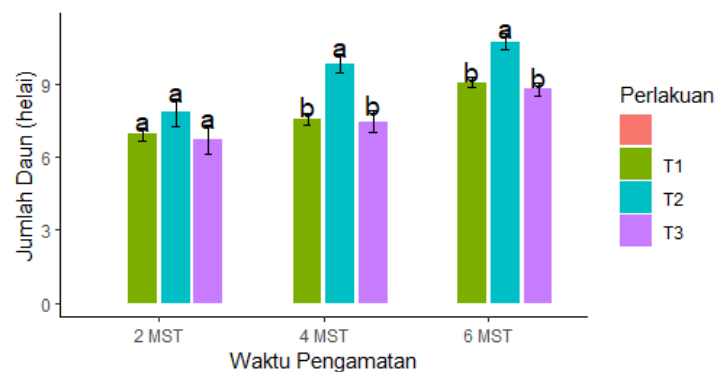
Tinggi tanaman bayam hijau pada berbagai waktu penyiraman yang berbeda saat 2 – 6 MST terdapat pada Gambar 1. Saat 2 MST, tanaman yang disiram pagi (T2) memiliki tinggi tanaman yang berbeda nyata dibandingkan tanaman yang disiram sore (T3), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan penyiraman pagi dan sore (T1). Fase selanjutnya, tidak terdapat perbedaan nyata antar ketiga perlakuan, yang ditunjukkan oleh huruf yang sama pada seluruh perlakuan pada umur 4 MST. Penyiraman pagi menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan penyiraman sore, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan penyiraman pagi dan sore pada umur 6 MST. Perlakuan penyiraman pagi-sore menunjukkan tinggi tanaman yang berada pada kelompok tengah, sedangkan penyiraman sore menghasilkan tinggi tanaman terendah.



Gambar 1. Pertumbuhan tinggi tanaman bayam pada berbagai waktu penyiraman

Jumlah Daun

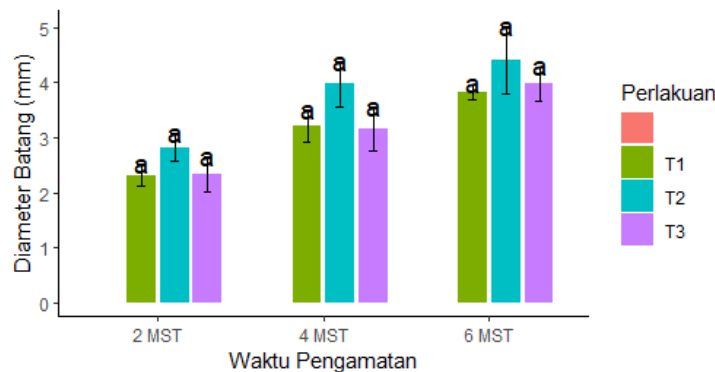
Gambar 2 menunjukkan total daun pada umur 2 - 6 MST pada berbagai waktu penyiraman. Saat fase pertumbuhan awal 2 MST, jumlah daun tidak dipengaruhi berbagai waktu penyiraman. Memasuki umur 4 MST, tanaman yang diberi perlakuan penyiraman pagi saja (T2) menghasilkan jumlah daun yang nyata lebih banyak daripada waktu penyiraman lainnya. Pengaruh waktu penyiraman mulai nyata pada fase pertumbuhan vegetatif aktif. Pola yang serupa terjadi pada umur 6 MST, di mana Tanaman yang disiram pagi hari saja memiliki jumlah daun tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan waktu penyiraman yang lain.



Gambar 2. Pertumbuhan jumlah daun tanaman bayam pada berbagai waktu penyiraman

Diameter Batang

Perlakuan berbagai waktu penyiraman tidak mempengaruhi diameter batang pada umur 2 - 6 MST (Gambar 3.). Secara angka penyiraman pagi hari secara konsisten memiliki diameter yang besar, namun secara statistik menandakan perbedaan waktu penyiraman, baik pada pagi, sore, maupun kombinasi pagi dan sore, tidak memengaruhi pertumbuhan diameter batang secara signifikan selama periode pengamatan.



Gambar 3. Pertumbuhan diameter batang tanaman bayam pada berbagai waktu penyiraman

Bobot Brangkasan

Perbedaan waktu penyiraman tanaman bayam tidak mempengaruhi berbagai komponen hasil tanaman bayam hijau 6 MST (Tabel 1). Bobot segar atau basah tajuk dan akar, serta bobot oven kering keduanya pada semua perlakuan memiliki nilai yang relatif

seragam, yang artinya perbedaan waktu penyiraman tidak memengaruhi akumulasi biomassa total tanaman bayam.

Meskipun bobot tajuk dan akar tidak berbeda nyata, rasio tajuk per akar menunjukkan pengaruh yang berbeda antar perlakuan. Tanaman yang disiram pagi memiliki rasio tajuk per akar tertinggi, baik berdasarkan bobot basah maupun bobot kering, dan berbeda nyata dibandingkan dengan waktu penyiraman lain. Rasio tajuk dengan akar yang lebih besar mengindikasikan bahwa alokasi hasil fotosintesis pada perlakuan penyiraman pagi lebih diarahkan ke pertumbuhan bagian atas tanaman dibandingkan sistem perakaran.

Tabel 1. Bobot tajuk, akar, dan rasio tajuk per akar tanaman bayam pada umur 6 MST

Penyiraman	Bobot basah (g)		Bobot kering (g)		Rasio Tajuk per Akar	
	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Bobot basah	Bobot kering
Pagi-sore (T1)	13.08 ^a	1.26 ^a	1.19 ^a	0.37 ^a	11.43 ^{ab}	3.87 ^b
Pagi (T2)	15.82 ^a	1.26 ^a	1.70 ^a	0.29 ^a	14.30 ^a	6.89 ^a
Sore (T3)	11.60 ^a	1.40 ^a	1.02 ^a	0.30 ^a	8.42 ^b	3.81 ^b

Catatan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ $\alpha = 0,05$.

Rasio tajuk per akar yang lebih rendah tanaman yang disiram sore saja menunjukkan proporsi pertumbuhan akar yang relatif lebih besar dibandingkan tajuk. Hal ini dapat diinterpretasikan sebagai respons adaptif tanaman untuk meningkatkan kapasitas penyerapan air dan hara ketika distribusi air tidak tersedia secara optimal pada periode fotosintesis maksimum. Sementara itu, perlakuan pagi-sore menunjukkan nilai rasio tajuk per akar yang berada di antara perlakuan pagi dan sore, mencerminkan keseimbangan alokasi biomassa antara tajuk dan akar.

Diskusi

Tanaman bayam hijau yang disiram pagi hari memiliki tinggi dan jumlah daun lebih besar daripada waktu penyiraman lainnya pada umur 2 - 6 MST. Penyiraman pagi dalam kondisi kapasitas lapang menyediakan mencukupi kebutuhan saat aktivitas fisiologis maksimum yang memungkinkan tanaman memperoleh air pada saat intensitas cahaya dan suhu mulai meningkat, sehingga mendukung pembukaan stomata, peningkatan laju fotosintesis secara lebih efisien (Taiz et al., 2015). Kondisi ketersediaan air yang optimal pada pagi hari juga mengurangi kehilangan air akibat evaporasi berlebih, sehingga air lebih efektif dimanfaatkan untuk pertumbuhan jaringan daun dan batang. Ketersediaan air yang optimal pada pagi hari mendukung pembelahan dan pemanjangan sel (Schupler et al. 1998). Performa tinggi dan jumlah daun merupakan indikator utama vegetatif aktif, yang sangat dipengaruhi oleh keseimbangan ketersediaan air, hara, dan aktivitas fotosintesis (Taiz et al., 2015). Cekaman kekeringan menekan pertumbuhan tanaman bayam (Ningrum, 2021)(Karic et al., 2024). Jumlah daun yang lebih banyak mencerminkan peningkatan luas daun efektif, sehingga berpotensi meningkatkan kapasitas fotosintesis dan produksi asimilat untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Niinemets & Valladares, 2004).

Penyiraman sore hari sekali dan dua kali sehari (pagi-sore) pertumbuhan lebih rendah daripada penyiraman sekali pagi hari saja. Intensitas cahaya yang rendah menjelang malam membatasi pemanfaatan air untuk fotosintesis, sehingga akumulasi asimilat lebih rendah (Niinemets & Valladares, 2004). Saat sore dan malam hari, stomata daun menutup

menyebabkan tanaman mengalami transpirasi lebih rendah dibandingkan saat siang hari (Costa et al. 2014). kelembapan media tanam yang tinggi pada malam hari berpotensi menghambat respirasi akar dan aktivitas penyerapan hara, yang pada akhirnya menurunkan laju pertumbuhan vegetatif (Balliu et al., 2021).

Diameter batang pada umur 2 - 6 MST tidak menunjukkan perbedaan antar perlakuan. Pertumbuhan radial batang relatif lebih stabil dan kurang responsif terhadap variasi perlakuan dibandingkan pertumbuhan tinggi dan jumlah daun. Pertumbuhan diameter batang umumnya berkaitan dengan aktivitas kambium dan deposisi jaringan struktural, yang sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan fase perkembangan tanaman, serta cenderung kurang sensitif terhadap perubahan lingkungan selama kondisi tumbuh masih optimal (Taiz et al., 2015). Bodner et al. (2015) juga menyatakan perubahan lingkungan moderat lebih sering memengaruhi pertumbuhan tajuk dibandingkan pembesaran batang.

Bobot tajuk dan akar saat pemanenan 6 MST tidak berbeda nyata antar perlakuan, artinya total akumulasi biomassa relatif seragam. Kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun terjadi variasi pada peubah morfologi (tinggi tanaman dan jumlah daun), tanaman mampu mempertahankan produksi biomassa total yang seimbang. Tanaman sering kali menunjukkan plastisitas morfologi tanpa disertai perubahan signifikan pada biomassa total, terutama ketika sumber daya lingkungan masih berada pada kisaran yang mendukung pertumbuhan optimal (Balliu et al., 2021).

Tidak ditemukannya perbedaan bobot total hasil antar perlakuan waktu penyiraman memberikan implikasi praktis terhadap pengelolaan tenaga kerja dalam budidaya bayam konvensional khususnya di musim kemarau. Kesetaraan hasil produksi menunjukkan bahwa kegiatan penyiraman cukup dilakukan sekali dalam sehari. Berbeda dengan Hamidi et al. (2024) yang menunjukkan penyiraman dilakukan sampai tiga kali dalam sehari dalam budidaya bayam pada kondisi cuaca yang panas. Dengan demikian, meskipun tidak meningkatkan hasil secara kuantitatif, pengaturan frekuensi penyiraman tetap memberikan manfaat ekonomi dengan mengurangi biaya operasional tenaga kerja sehingga berdampak peningkatan keuntungan petani (Djamen & Kamasi, 2025).

Perbedaan yang jelas terlihat pada rasio tajuk terhadap akar. Tanaman yang disiram sore hari diduga menunjukkan plastisitas morfologi akar terhadap cekaman kekeringan ditandai adanya rasio yang lebih rendah. Hal ini mencerminkan peningkatan proporsi biomassa akar. Rasio tajuk–akar merupakan indikator penting strategi adaptasi tanaman dalam menyeimbangkan kebutuhan fotosintesis dan penyerapan air serta hara (Bodner et al., 2015). Pada kondisi tertentu, tanaman akan mengalokasikan lebih banyak asimilat ke tajuk untuk meningkatkan kapasitas fotosintesis, sementara pada kondisi lain alokasi ke akar menjadi prioritas untuk meningkatkan efisiensi penyerapan sumber daya tanah (Cechin et al., 2022).

Keterkaitan antara peubah pertumbuhan dan rasio tajuk per akar menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan lebih berperan dalam mengatur pola distribusi biomassa dibandingkan meningkatkan total biomassa tanaman. Fenomena ini sejalan dengan konsep keseimbangan *source–sink relationship*, di mana daun berperan sebagai sumber (*source*) asimilat dan organ vegetatif lainnya sebagai penampung (*sink*) (Taiz et al., 2015).

Tanaman bayam dikenal memiliki respons plastis terhadap perubahan lingkungan, dengan kemampuan menyesuaikan alokasi biomassa antarorgan tanpa mengorbankan pertumbuhan total (Cechin et al., 2022).

Secara keseluruhan, integrasi seluruh peubah menunjukkan bahwa perlakuan yang diterapkan memengaruhi arsitektur tanaman dan strategi alokasi biomassa, namun tidak menimbulkan perbedaan signifikan pada akumulasi biomassa total. Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman bayam mampu beradaptasi secara fisiologis dan morfologis untuk mempertahankan pertumbuhan optimal. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa evaluasi keberhasilan perlakuan budidaya tidak hanya didasarkan pada bobot biomassa, tetapi juga pada efisiensi distribusi pertumbuhan antara tajuk dan akar yang menentukan performa tanaman secara keseluruhan (Niinemets & Valladares, 2004)(Bodner et al., 2015).

4. Simpulan

Perbedaan waktu penyiraman memengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman bayam hijau, terutama tinggi tanaman, jumlah daun, dan rasio antara tajuk dan akar, namun tidak berbeda nyata terhadap diameter batang serta bobot basah dan kering total tanaman. Tanaman yang disiram pagi hari menghasilkan rasio tajuk terhadap akar yang lebih tinggi berimplikasi pada peningkatan efisiensi penggunaan air, pengurangan kehilangan air akibat evaporasi, serta stabilitas produktivitas tanaman dalam jangka panjang, sehingga mendukung keberlanjutan sistem produksi. Kajian lebih lanjut perlu dilakukan untuk menguji pengaruh waktu penyiraman pada berbagai lokasi dan musim tanam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muria Kudus yang telah mendanai penelitian ini.

5. Referensi

- Balliu, A., Zheng, Y., Sallaku, G., Fernández, J. A., Gruda, N. S., & Tüzel, Y. (2021). Environmental and cultivation factors affect the morphology, architecture, and performance of root systems in soilless grown plants. *Horticulturae*, 7(8), Article 243. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080243>
- Bodner, G., Nakhforoosh, A., & Kaul, H.-P. (2015). Management of crop water under drought: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 401–442. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0283-4>
- Caldeira, C. F., Jeanguenin, L., Chaumont, F., & Tardieu, F. (2014). Circadian rhythms of hydraulic conductance and growth are enhanced by drought and improve plant performance. *Nature Communications*, 5, Article 5365. <https://doi.org/10.1038/ncomms6365>
- Cechin, I., da Silva, L. P., Ferreira, E. T., Barrochelo, S. C., de Melo, F. P. d. S. R., & Dokkedal, A. L. (2022). Physiological responses of *Amaranthus cruentus* L. to drought stress under sufficient- and deficient-nitrogen conditions. *PLOS ONE*, 17(7), e0270849. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270849>
- Costa, J. M., Monnet, F., Jannaud, D., Leonhardt, N., Ksas, B., Reiter, I. M., Pantin, F., & Genty, B. (2015). Open all night long: The dark side of stomatal control. *Plant Physiology*, 167(2), 289–294. <https://doi.org/10.1104/pp.114.253369>
- Djamen, A. C., & Kamasi, N. V. V. (2025). Pengembangan smart farming berbasis IoT untuk meningkatkan optimalisasi irigasi pertanian dalam mendukung ketahanan pangan nasional. *EduTIK: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 5(6), 2234–2249.
- Hamidi, Z., Firmansyah, H., & Marian. (2024). Analisis usahatani tanaman bayam dan sawi di Desa Kampung Baru Kecamatan Kusan Hilir Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *Frontier Agribisnis*, 8(1), 149–157.

- Karić, L., Sinanović, Ć. Z., Murtić, M. S., Rakita, N., Omerović, Z., & Murtić, S. (2024). Morphological and physiological response of spinach plants to water stress. In *Proceedings of the International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry* (October 9–11, 2024). Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.
- Maurya, N. K., & Arya, P. (2018). Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2258–2262.
- Niinemets, Ü., & Valladares, F. (2004). Photosynthetic acclimation to simultaneous and interacting environmental stresses along natural light gradients: Optimality and constraints. *Plant Biology*, 6, 254–268. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820867>
- Ningrum, N. R. W. (2021). *Pengaruh asam salisilat (SA) terhadap pertumbuhan dan kandungan prolin bayam belang (Amaranthus tricolor L.) pada kondisi cekaman kekeringan* [Undergraduate thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang].
- Rohmatika, D., & Umarianti, T. (2017). Uji laboratorium pengukuran kandungan zat besi (Fe) pada ekstrak bayam hijau (*Amaranthus hybridus* L.). *Maternal*, 2(2), 154–159.
- Rosyid, M. S. A., Ritonga, A. W., & Chozin, M. A. (2024). Pengaruh waktu aplikasi pupuk dasar terhadap pertumbuhan dan produktivitas berbagai genotipe bayam (*Amaranthus* sp.). *Buletin Agrohorti*, 12(3), 438–447. <https://doi.org/10.29244/agrob.v12i3.61526>
- Schuppler, U., He, P.-H., John, P. C. L., & Munns, R. (1998). Effect of water stress on cell division and Cdc2-like cell cycle kinase activity in wheat leaves. *Plant Physiology*, 117(2), 667–678. <https://doi.org/10.1104/pp.117.2.667>
- Sumarianti, A., Jayanti, K. D., & Tanari, Y. (2022). Pengaruh frekuensi penyiraman terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah (*Allium cepa* L.). *Agrovisor: Jurnal Agroekoteknologi*, 15(1), 39–43.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Tampubolon, A. R., Huda, A. I., & Harahap, F. (2017). Pengaruh interval pemberian air terhadap pertumbuhan dan perkembangan bayam (*Amaranthus spinosus*). In *Proceedings of the National Seminar III on Biology and Biology Education* (September 8, 2017). Universitas Negeri Medan.
- Venkat, A., & Muneer, S. (2025). Circadian-mediated regulation of growth, chloroplast proteome, targeted metabolomics, and gene regulatory network in *Spinacia oleracea* under drought stress. *Agriculture*, 15, Article 522. <https://doi.org/10.3390/agriculture15050522>