

Chlorophyll Response in *Ipomoea reptans* Leaves to Liquid Organic Fertilizer Application from Vegetable Waste

Mega Nofitri Ikhwan^{1*}, Prapti Sedijani¹, Rubiyatna Sakaroni¹

¹Biology Education Program Study, Faculty of Teacher Training and Education, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : May 02th, 2026

Revised : May 17th, 2026

Accepted : May 22th, 2026

*Corresponding Author: **Mega Nofitri Ikhwan**, Biology Education Program Study, Faculty of Teacher Training and Education, University of Mataram, Mataram, Indonesia; Email: meganikhwan@gmail.com

Abstract: Modern agricultural practices that use synthetic inorganic fertilizers excessively and uncontrolled can disrupt the soil's ecological balance, reduce microbial activity, and disrupt plant physiological processes, so that the development of alternative, environmentally friendly fertilizers is needed. This study aimed to evaluate the physiological response of *Ipomoea reptans* to the application of LOF derived from vegetable waste, using leaf chlorophyll content and vegetative growth parameters as indicators. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with treatments consisting of combinations of NPK fertilizer and LOF at different concentrations. The observed parameters included the number of leaves, leaf area, and chlorophyll content, and the data were analyzed using One-Way ANOVA followed by Tukey's test and Pearson correlation analysis. The results showed that the application vegetable-waste LOF tended to enhance the vegetative growth of *Ipomoea reptans*, with the highest number of leaves and leaf area observed in treatment N0P3 (0 g NPK + 60 ml LOF). However, statistical analysis indicated that most treatments did not differ significantly at the 5% significance level. Chlorophyll content also did not differ significantly among treatments, although the highest value was recorded in treatment N0P2 (40 ml LOF without NPK). Pearson correlation analysis revealed a very weak and non-significant relationship between leaf number and chlorophyll content ($r = -0.019$; $p = 0.916$; $n = 32$) and between leaf area and chlorophyll content ($r = -0.045$; $p = 0.807$; $n = 32$). Based on data, there is a tendency to increase vegetative growth with vegetable waste-based LOF, although statistically there is no significant difference. These findings indicate that vegetable waste-based LOF has the potential to be developed as an environmentally friendly alternative fertilizer to support sustainable cultivation and improve understanding of plant physiological responses during vegetative growth.

Keywords: Chlorophyll content; *Ipomoea reptans*; Liquid organic fertilizer; Vegetable waste.

Pendahuluan

Peningkatan jumlah populasi global memicu kebutuhan pangan yang semakin tinggi, sehingga sistem produksi tanaman harus mampu beradaptasi dengan berbagai tekanan lingkungan dan keterbatasan sumber daya (FAO, 2022). Dalam perspektif biologi, keberhasilan pertumbuhan tanaman sangat ditentukan oleh kestabilan respons fisiologisnya dalam menjalankan proses fotosintesis, penyerapan hara, dan regulasi metabolisme. Namun, berbagai

tekanan antropogenik seperti alih fungsi lahan dan degradasi lingkungan menyebabkan penurunan kualitas habitat tumbuh tanaman (Dewi *et al.*, 2024). Masalah ini diperparah oleh teknik pertanian kontemporer yang masih sangat bergantung pada sejumlah besar pupuk anorganik sintetis. Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan diketahui mengganggu keseimbangan alami tanaman dan merusak kualitas tanah sebagai media pertumbuhan (Masliani *et al.*, 2024). Meskipun pupuk anorganik dapat memberikan nutrisi dengan cepat,

penggunaannya yang tidak terkontrol dapat menyebabkan perubahan struktur tanah dan mengurangi aktivitas biologis mikroba (Afner *et al.*, 2024), serta menghambat penyerapan nutrisi dan proses metabolisme tanaman sehingga performa pertumbuhan vegetatif menjadi menurun (Kusumawati, 2021). Bahkan, dalam jangka pendek kelebihan pupuk dapat memicu stres fisiologis berupa kerusakan akar, klorosis daun, dan penurunan kandungan klorofil (Salim, *et al.*, 2025). Hal ini menunjukkan bahwa ketidakseimbangan pemupukan tidak hanya memengaruhi media tanam, tetapi juga secara langsung mengubah proses fisiologis internal tanaman.

Konteks tersebut, kandungan klorofil menjadi indikator fisiologis yang penting karena berkaitan langsung dengan kemampuan metabolik tanaman. Klorofil sebagai pigmen utama fotosintesis berfungsi menyerap energi cahaya untuk menggerakkan elektron dalam reaksi fotosintesis yang selanjutnya digunakan untuk sintesis senyawa organik (Taiz *et al.*, 2015). Kandungan klorofil sering digunakan sebagai indikator status fisiologis tanaman, terutama dalam kaitannya dengan kecukupan unsur hara seperti nitrogen dan magnesium (Sondang *et al.*, 2020). Magnesium berperan sebagai inti molekul klorofil, sedangkan nitrogen berkontribusi dalam sintesisnya (Ningsih *et al.*, 2024), sehingga perubahan kandungan klorofil dapat mencerminkan adanya stres atau gangguan metabolisme dalam tanaman. Dengan demikian, pemupukan yang efektif merupakan unsur penting untuk menjaga keseimbangan fisiologis tanaman, karena makronutrien seperti nitrogen, fosfor, dan kalium berkontribusi pada pembentukan klorofil, transfer energi, dan pengaturan keseimbangan air dalam sel (Dewi *et al.*, 2024). Selain itu, tujuan pemupukan adalah untuk menjamin ketersediaan nutrisi berdasarkan kebutuhan fisiologis tanaman untuk fungsi metabolisme yang optimal (Kusumawati, 2021). Dalam konteks ini, penggunaan pupuk organik menawarkan pilihan yang lebih ramah lingkungan karena dapat meningkatkan kualitas tanah dan mendorong aktivitas biologis di dalamnya.

Pupuk organik cair (POC) dari limbah sayuran berpotensi meningkatkan kesehatan tanaman karena mengandung unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium hasil

penguraian bahan organik (Hamzah & Siswanto, 2023; Haryanta *et al.*, 2021). Di sisi lain, pupuk NPK tetap menjadi sumber nutrisi utama yang cepat tersedia bagi tanaman (Widowati *et al.*, 2022). Ketergantungan terhadap pupuk anorganik selama ini didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan efektivitasnya pada dosis tertentu, seperti NPK 6 gram per tanaman pada bibit melada (Maghfiroh, *et al.*, 2024), dosis 10 gram pada cabai rawit (Chairiyah, *et al.*, 2022), dan formulasi NPK 15:15:15 pada tanaman selasih (Fauzan dan Sitawati, 2022). Sementara itu, Rantung *et al.*, (2023), Burhan (2022), dan Aranda *et al.*, (2023) Telah ditemukan bahwa karakteristik pertumbuhan vegetatif tanaman dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk organik cair. Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada parameter morfologi yang terlihat, dan masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan penggunaan pupuk anorganik dan organik yang terbuat dari limbah sayuran dari perspektif fisiologi tanaman, terutama berkaitan dengan kandungan klorofil sebagai tanda adaptasi metabolisme. Dengan demikian, masih sedikit penelitian yang secara komprehensif menjelaskan bagaimana kombinasi sumber nutrisi organik dan anorganik memengaruhi kandungan klorofil dan karakteristik vegetatif tanaman.

Tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans*) merupakan model biologis yang relevan untuk mengkaji respons fisiologis terhadap perlakuan nutrisi karena memiliki siklus hidup cepat dan respons pertumbuhan yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, produksi kangkung di Indonesia menunjukkan tren fluktuatif dan cenderung menurun, dari 341.196 ton pada tahun sebelumnya menjadi 331.478 ton pada tahun 2022 (BPS, 2023), serta ketidakstabilan produksi di wilayah Bali dan Nusa Tenggara (BPS, 2024), yang mengindikasikan adanya permasalahan dalam pengelolaan nutrisi dan lingkungan tumbuh tanaman. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memiliki urgensi untuk mengisi kesenjangan ilmiah melalui pengkajian pengaruh kombinasi POC limbah sayuran dan pupuk NPK dosis standar terhadap kandungan klorofil sebagai indikator fisiologis serta pertumbuhan vegetatif kangkung darat. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan integratif yang tidak hanya menilai respons morfologis tanaman, tetapi juga menelaah hubungan perubahan

kandungan klorofil daun dengan karakter vegetatif sebagai bentuk adaptasi fisiologis terhadap perlakuan nutrisi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons fisiologis *Ipomoea reptans* terhadap aplikasi pupuk organik cair dari limbah sayuran berbasis kandungan klorofil daun serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama ± 2 bulan, yaitu pada bulan September–Oktober 2025 bertempat di Green House Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Kegiatan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan pupuk organik cair, persiapan media tanam dan benih, penanaman kangkung darat, pemberian perlakuan pupuk, pemeliharaan tanaman, pengamatan pertumbuhan vegetatif, analisis kandungan klorofil, serta pengumpulan dan analisis data.

Desain/Jenis Penelitian

Tujuan dari studi eksperimental kuantitatif ini adalah untuk meneliti bagaimana bayam darat (*Ipomoea reptans*) bereaksi secara fisiologis ketika pupuk organik cair (POC) yang terbuat dari limbah sayuran diaplikasikan. Delapan tingkat perlakuan pemupukan N0P0, N0P1, N0P2, N0P3, N1P0, N1P1, N1P2, dan N1P3—yang menggabungkan dosis pupuk NPK dan pupuk organik cair dari limbah sayuran digunakan dalam Rancangan Acak Lengkap (CRD) satu faktor. Untuk membuat 32 unit eksperimental, masing-masing dari delapan tingkat perlakuan diulang empat kali sebagai satu unit perlakuan pemupukan. Untuk mengurangi pengaruh lingkungan yang tidak diinginkan, setiap unit eksperimental ditempatkan sepenuhnya secara acak (Rozari *et al.*, 2023).

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian mencakup seluruh tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans*) yang digunakan selama percobaan. Penentuan sampel menggunakan teknik purposive sampling. Sampel yang diambil adalah tanaman terbaik dari setiap polybag setelah dilakukan penjarangan dari 5 benih menjadi satu tanaman per polybag

berdasarkan kriteria sehat, tumbuh seragam, dan tidak menunjukkan gejala kerusakan, sehingga jumlah sampel yang diamati sebanyak 32 tanaman. Dalam penelitian ini satu polybag ditetapkan sebagai satu unit eksperimen. Variabel bebas berupa kombinasi dosis pupuk organik cair limbah sayuran dan pupuk NPK, variabel terikat meliputi kandungan klorofil, jumlah daun, dan luas daun, sedangkan variabel kontrol meliputi jenis media tanam, berat media tanam, ukuran polybag, volume air penyiraman, pencahayaan, dan waktu pengamatan. Data diperoleh melalui observasi langsung dan pengukuran laboratorium. Bahan yang digunakan meliputi benih kangkung darat, limbah sayuran berupa kangkung, sawi, dan kol, EM4, molase, pupuk NPK 16:16:16, tanah, polybag, aluminium foil, dan aseton 80%. Alat yang digunakan meliputi blender, sekop, ember, sprayer, timbangan analitik, mortar dan pestle, kertas saring, kuvet, oven, dan spektrofotometer UV-Vis.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi beberapa tahapan utama, yaitu: (1) pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah sayuran berupa kangkung, sawi, dan kol sebanyak 5 kg yang dicuci, dipotong kecil, kemudian dihaluskan dan difermentasi menggunakan EM4 50 ml, molase 200 g, serta air selama 14 hari hingga diperoleh larutan POC matang (Ardiyanti, *et al.*, 2021); (2) persiapan media tanam berupa tanah dari satu lokasi yang dicangkul, dijemur selama 2 hari, diayak agar seragam, kemudian dimasukkan sebanyak 4 kg ke dalam polybag berukuran 40 × 40 cm untuk menjaga homogenitas media (Aryani, *et al.*, 2024); (3) seleksi benih kangkung darat melalui perendaman selama 12 jam, di mana benih yang tenggelam dipilih sebagai benih berkualitas, kemudian diperam untuk merangsang perkecambahan (Adisa, 2023); (4) penanaman benih sebanyak 5 butir pada setiap polybag yang telah dibasahi sebelumnya; (5) penjarangan tanaman pada umur 10 hari setelah tanam (HST) dengan menyisakan satu tanaman terbaik dan paling seragam pada setiap polybag (Afrijal, *et al.*, 2024); (6) pemeliharaan tanaman melalui penyiraman dua kali sehari dan penyiangan gulma secara rutin untuk menjaga ketersediaan air dan mengurangi kompetisi unsur hara (Afrijal, *et al.*, 2024); (7) pemberian

perlakuan pupuk dilakukan satu hari setelah penjarangan dan aplikasi kedua 10 hari setelah pemberian pertama menggunakan metode pengocoran di sekitar daerah perakaran pada pagi hari (Febbriana, *et al.*, 2024). Perlakuan terdiri atas N0P0 (0 g NPK + 0 ml POC), N0P1 (0 g NPK + 20 ml POC), N0P2 (0 g NPK + 40 ml POC), N0P3 (0 g NPK + 60 ml POC), N1P0 (1,5 g NPK + 0 ml POC), N1P1 (1,5 g NPK + 20 ml POC), N1P2 (1,5 g NPK + 40 ml POC), dan N1P3 (1,5 g NPK + 60 ml POC), yang masing-masing dilarutkan dalam 100 ml air; (8) pengamatan jumlah daun dan luas daun dilakukan pada umur 35 HST, di mana jumlah daun dihitung berdasarkan daun yang telah membuka sempurna, sedangkan luas daun diukur menggunakan metode gravimetri dengan membandingkan bobot replika daun terhadap bobot kertas standar berukuran 10 × 10 cm (Paiman, 2022); serta (9) pengukuran kandungan klorofil dilakukan pada umur 35 HST menggunakan daun ketiga dari pucuk karena daun tersebut telah berkembang secara fisiologis optimal dan memiliki kandungan klorofil relatif stabil, sehingga dapat merepresentasikan kondisi fisiologis tanaman secara lebih akurat (Nugroho & Novenda, 2021; Putri & Haryanti, 2020). Sampel daun segar sebanyak ±0,5 g dihancurkan menggunakan mortar dan pestle dengan penambahan 10 ml aseton 80% hingga homogen, kemudian disaring dan filtrat dimasukkan ke dalam kuvet. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm (Chamidah, *et al.*, 2024). Nilai absorbansi selanjutnya digunakan untuk menghitung kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total berdasarkan rumus Rumus Arnon, yaitu klorofil a = $(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})$, klorofil b = $(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})$, dan klorofil total = $(20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})$.

Analisis Data Penelitian

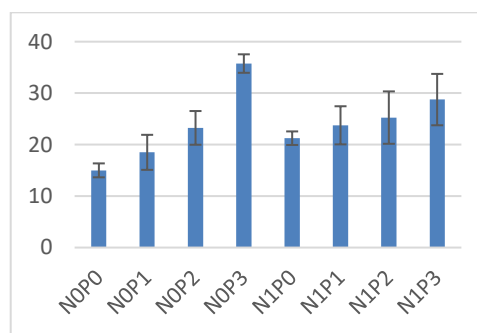
Uji ANOVA satu faktor (One-Way ANOVA) digunakan untuk memeriksa data guna menilai bagaimana intervensi memengaruhi pertumbuhan vegetatif bayam darat (*Ipomoea reptans*). Data terlebih dahulu diperiksa untuk asumsi homogenitas dan normalitas sebelum uji ANOVA. Uji homogenitas digunakan untuk menilai kesamaan varians antar kelompok perlakuan, dan uji normalitas digunakan untuk

memastikan apakah data terdistribusi secara normal. Uji lebih lanjut dilakukan menggunakan uji Tukey untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antar perlakuan dan mengidentifikasi perlakuan yang memiliki dampak terbaik pada pertumbuhan vegetatif bayam darat (*Ipomoea reptans*) jika hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi (*p-value*) kurang dari 0,05. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan software SPSS versi 29 untuk memperoleh hasil yang akurat dan terpercaya.

Hasil dan Pembahasan

Jumlah Daun Kangkung Darat

Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah daun pada tanaman kale tanah memberikan respons yang berbeda terhadap aplikasi pupuk organik cair (POC) yang terbuat dari limbah sayuran dan NPK. Rata-rata jumlah daun yang dihasilkan oleh perlakuan N0P3 (0 g NPK + 60 ml POC) adalah $35,75 \pm 3,59$, sedangkan rata-rata jumlah yang dihasilkan oleh perlakuan kontrol adalah $15,00 \pm 2,70$. Perlakuan terbaik dan kontrol memiliki perbedaan rata-rata sebesar 20,75. Uji Tukey lebih lanjut mengungkapkan bahwa sebagian besar perlakuan tidak berbeda secara statistik, tetapi uji ANOVA Satu Arah mengungkapkan bahwa perlakuan tersebut memiliki dampak yang signifikan terhadap jumlah daun ($p < 0,05$).



Gambar 1. Pengaruh Perlakuan POC dan NPK terhadap Jumlah Daun Kangkung Darat

Perlakuan dengan pemberian POC dosis tinggi cenderung menghasilkan jumlah daun lebih banyak dibandingkan perlakuan lain. Sebaliknya, perlakuan kontrol menunjukkan pertumbuhan daun paling rendah. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis POC berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama pada fase pembentukan daun. Kondisi

tersebut menunjukkan bahwa tanaman hanya bergantung pada unsur hara awal media tanam yang belum mampu memenuhi kebutuhan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan magnesium (Mg) secara optimal. Unsur hara tersebut berperan penting dalam pembentukan jaringan baru, aktivitas enzimatis, dan

pembentukan pigmen fotosintetik yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman (Purba, *et al.*, 2021; Ningsih, *et al.*, 2024). Rendahnya jumlah daun pada kontrol menunjukkan bahwa keterbatasan unsur hara secara langsung memengaruhi aktivitas pembelahan dan pemanjangan sel.

Tabel 1. Hasil Uji Tukey Pengaruh Perlakuan POC dan NPK terhadap Jumlah Daun Kangkung Darat

Kode	Perlakuan	Rata-Rata
Kontrol	0 g NPK + 0 ml POC limbah sayuran	15,00±2,70 ^a
N0P1	0 g NPK + 20 ml POC limbah sayuran	18,50±6,80 ^a
N0P2	0 g NPK + 40 ml POC limbah sayuran	23,25±6,55 ^{ab}
N0P3	0 g NPK + 60 ml POC limbah sayuran	35,75±3,59 ^b
N1P0	1,5 g NPK + 0 ml POC limbah sayuran	21,25±2,62 ^{ab}
N1P1	1,5 g NPK + 20 ml POC limbah sayuran	23,75±7,41 ^{ab}
N1P2	1,5 g NPK + 40 ml POC limbah sayuran	25,25±10,1 ^{ab}
N1P3	1,5 g NPK + 60 ml POC limbah sayuran	28,75±9,97 ^{ab}

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menandakan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji tukey pada taraf 5% ($P \leq 0,05$)

Peningkatan jumlah daun pada perlakuan N0P3 menunjukkan bahwa POC limbah sayuran dapat menyediakan nutrisi yang cukup untuk menopang pertumbuhan vegetatif tanaman. Makronutrien dan mikronutrien yang ditemukan dalam limbah sayuran yang difermentasi dapat meningkatkan kesuburan tanah dan aktivitas mikroorganisme (Liu *et al.*, 2023). Nitrogen dalam POC berperan dalam sintesis protein dan pembentukan jaringan baru sehingga mendukung pembentukan daun lebih optimal (Mendrofa & Dencerfis, 2024). Secara fisiologis, peningkatan jumlah daun menunjukkan meningkatnya kapasitas tanaman dalam membentuk organ fotosintetik.

Meskipun hasil ANOVA menunjukkan pengaruh signifikan, hasil uji Tukey memperlihatkan bahwa sebagian besar perlakuan tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap pemupukan tidak selalu linear terhadap peningkatan dosis nutrisi. Raksun, *et al.* (2020) menjelaskan bahwa tanaman memiliki mekanisme adaptif dalam memanfaatkan unsur hara sesuai kebutuhan fisiologisnya serta faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan ketersediaan air turut memengaruhi pembentukan daun sehingga variasi respons antarperlakuan masih dapat terjadi. Temuan penelitian ini konsisten dengan penelitian Mendrofa dan Dencerfis (2024), yang menemukan bahwa pemberian pupuk organik

cair dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman dengan meningkatkan jumlah daun. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah sampel dan pengendalian variabel lingkungan, terutama intensitas cahaya dan kelembapan. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa POC limbah sayuran berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif pupuk organik untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif kangkung darat secara lebih ramah lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian, pemberian POC limbah sayuran terutama pada dosis 60 ml menghasilkan jumlah daun kangkung darat yang paling tinggi sehingga berpotensi mendukung produktivitas tanaman pada fase vegetatif.

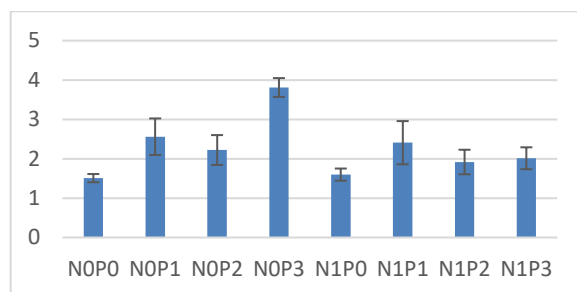
Luas Daun Kangkung Darat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas daun tanaman bayam darat merespons secara berbeda terhadap perlakuan pupuk. Luas daun rata-rata adalah 3,81±0,47 cm² untuk perlakuan N0P3 dan 1,59±0,30 cm² untuk perlakuan N1P0. Kedua perlakuan tersebut berbeda rata-rata sebesar 2,22 cm². Uji Tukey menunjukkan bahwa sebagian besar perlakuan tidak berbeda secara signifikan secara statistik, tetapi uji ANOVA One-Way menunjukkan bahwa perlakuan tersebut memiliki dampak signifikan terhadap luas daun ($p < 0,05$). Peningkatan luas daun cenderung terjadi pada perlakuan dengan pemberian POC dosis lebih tinggi. Sebaliknya,

perlakuan dengan aplikasi NPK tanpa POC menunjukkan luas daun relatif rendah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa POC limbah sayuran lebih efektif mendukung perkembangan luas daun dibandingkan penggunaan NPK tunggal.

Perlakuan NOP3 menghasilkan luas daun tertinggi dibandingkan perlakuan lain. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aplikasi POC limbah sayuran mampu mendukung proses ekspansi sel daun secara optimal. Karena kemampuan tanaman untuk menyerap cahaya untuk fotosintesis meningkat seiring dengan luas permukaan daun, luas daun merupakan indikasi penting dari kemampuan fisiologis (Paiman, 2022). Dengan demikian, peningkatan luas daun

menunjukkan adanya peningkatan kemampuan fisiologis tanaman dalam mendukung proses metabolisme.



Gambar 2. Pengaruh Perlakuan POC dan NPK terhadap Luas Daun Kangkung Darat

Tabel 2. Hasil Uji Tukey Pengaruh Perlakuan POC dan NPK terhadap Luas Daun Kangkung Darat

Kode	Perlakuan	Rata-Rata
Kontrol	0 g NPK + 0 ml POC limbah sayuran	1,50±0,21 ^a
N0P1	0 g NPK + 20 ml POC limbah sayuran	2,55±0,92 ^{ab}
N0P2	0 g NPK + 40 ml POC limbah sayuran	2,22±0,75 ^{ab}
N0P3	0 g NPK + 60 ml POC limbah sayuran	3,81±0,47 ^b
N1P0	1,5 g NPK + 0 ml POC limbah sayuran	1,59±0,30 ^a
N1P1	1,5 g NPK + 20 ml POC limbah sayuran	2,40±1,09 ^{ab}
N1P2	1,5 g NPK + 40 ml POC limbah sayuran	1,91±0,62 ^a
N1P3	1,5 g NPK + 60 ml POC limbah sayuran	2,01±0,55 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menandakan tidak adanya perbedaan signifikan berdasarkan uji tukey pada taraf 5% ($P \leq 0,05$)

Kemampuan pupuk organik cair untuk meningkatkan karakteristik fisik, kimia, dan biologis tanah diasumsikan berhubungan dengan pertumbuhan luas daun pada perlakuan POC. Bahan organik yang ditemukan dalam limbah sayuran POC dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan meningkatkan struktur tanah, sehingga menghasilkan penyerapan nutrisi yang lebih efektif (Agustin *et al.*, 2023; Mendrofa & Dencerfis, 2024). Kondisi tersebut mendukung pembentukan jaringan mesofil dan mempercepat proses ekspansi sel daun. Temuan penelitian ini konsisten dengan temuan Agustin *et al.*, (2023), yang menemukan bahwa dengan meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan nutrisi, pupuk organik cair dapat meningkatkan luas daun. Namun, temuan ini bertentangan dengan sejumlah penelitian lain yang menunjukkan bahwa pemberian NPK secara signifikan meningkatkan luas daun dibandingkan dengan pupuk organik. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik media tanam dan kondisi lingkungan penelitian.

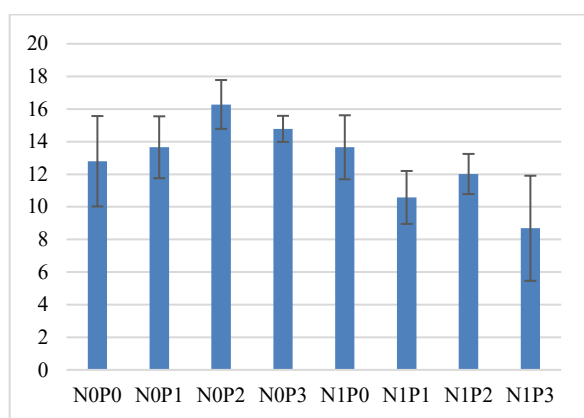
Meskipun hasil ANOVA menunjukkan pengaruh signifikan, sebagian besar perlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey. Hal tersebut menunjukkan bahwa perkembangan luas daun tidak hanya dipengaruhi unsur hara, tetapi juga faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan ketersediaan air. Selain itu, jumlah sampel yang terbatas juga dapat memengaruhi sensitivitas analisis statistik dalam mendeteksi perbedaan antarperlakuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi POC limbah sayuran berpotensi meningkatkan luas daun kangkung darat sehingga dapat mendukung efisiensi fotosintesis dan produktivitas tanaman pada fase vegetatif.

Kandungan Klorofil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan klorofil tanaman kangkung darat ($p > 0,05$). Perlakuan NOP2 (0 g NPK + 40 ml POC) menghasilkan kandungan klorofil tertinggi, namun perbedaannya tidak

berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain. Variasi nilai kandungan klorofil antarperlakuan relatif kecil sehingga menunjukkan respons fisiologis tanaman yang cenderung homogen.

Perbedaan kandungan klorofil antarperlakuan tidak menunjukkan pola peningkatan yang konsisten terhadap peningkatan dosis pupuk. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suplai unsur hara tidak selalu diikuti peningkatan kandungan klorofil daun. Secara statistik, hasil ini menunjukkan bahwa tanaman memiliki kemampuan mempertahankan kandungan klorofil pada kisaran relatif stabil selama fase vegetatif.



Gambar 3. Pengaruh Perlakuan POC dan NPK terhadap Kandungan Klorofil Kangkung Darat.

Tidak signifikannya hasil kandungan klorofil menunjukkan bahwa tanaman mampu mempertahankan kadar klorofil pada kisaran stabil selama fase vegetatif. Dalam fisiologi tumbuhan, stabilitas kandungan klorofil berkaitan dengan mekanisme regulasi metabolik untuk menjaga efisiensi fotosintesis (Govindjee, *et al.*, 2024). Dengan demikian, tambahan nitrogen dari perlakuan pupuk tidak selalu meningkatkan sintesis klorofil secara proporsional. Kandungan klorofil dipengaruhi oleh keseimbangan antara sintesis dan degradasi klorofil dalam jaringan daun. Apabila kebutuhan fisiologis tanaman telah terpenuhi, tambahan nitrogen cenderung dialihkan untuk sintesis protein, enzim, dan pembentukan jaringan vegetatif lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Raksun, *et al.* (2020) menyatakan bahwa respons tanaman terhadap pemupukan tidak selalu linear karena adanya mekanisme adaptif dalam distribusi unsur hara.

Temuan penelitian ini konsisten dengan temuan Suwignya *et al.*, (2024), yang tidak menemukan dampak nyata dari aplikasi pupuk organik terhadap konsentrasi klorofil daun. Namun, temuan ini bertentangan dengan sejumlah penelitian lain yang menunjukkan bahwa peningkatan kadar nitrogen dapat meningkatkan jumlah klorofil pada tanaman. Variasi ini diyakini dipengaruhi oleh sifat fisiologis, faktor lingkungan, dan tahap pertumbuhan tanaman. Tidak signifikannya kandungan klorofil juga diduga dipengaruhi oleh homogenitas sampel dan kondisi lingkungan selama penelitian. Intensitas cahaya, suhu, dan ketersediaan air yang relatif seragam memungkinkan tanaman mempertahankan aktivitas fotosintesis dalam kondisi stabil. Selain itu, ukuran sampel yang terbatas dapat memengaruhi sensitivitas analisis statistik dalam mendeteksi perbedaan antarperlakuan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman tidak selalu diikuti peningkatan kandungan klorofil. Temuan tersebut memberikan implikasi bahwa respons morfologis dan fisiologis tanaman dapat berjalan melalui mekanisme yang berbeda sehingga evaluasi pertumbuhan tanaman perlu mempertimbangkan kedua aspek tersebut secara bersamaan. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan pemupukan belum mampu meningkatkan kandungan klorofil kangkung darat secara signifikan sehingga kandungan klorofil cenderung dipertahankan dalam kondisi fisiologis yang stabil.

Korelasi Jumlah Daun Dengan Kandungan Klorofil

Jumlah daun dan total kandungan klorofil memiliki nilai koefisien korelasi $r = -0,019$ dan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,916 pada ukuran sampel 32, menurut hasil uji korelasi Pearson. Nilai r yang sangat mendekati nol menunjukkan arah hubungan yang sangat lemah dan tidak jelas antara kedua variabel tersebut. Lebih lanjut, hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan 95% jika nilai signifikansinya jauh lebih tinggi dari 0,05.

Secara umum, peningkatan jumlah daun tidak diikuti peningkatan kandungan klorofil pada tanaman kangkung darat. Beberapa sampel dengan jumlah daun tinggi justru menunjukkan kandungan klorofil relatif stabil atau cenderung lebih rendah

dibandingkan perlakuan lain. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan vegetatif tidak selalu berkaitan langsung dengan peningkatan akumulasi pigmen fotosintetik.

Tabel 3. Hasil Uji Kolerasi Jumlah daun dengan Kandungan Klorofil

Correlations	Total Klorofil	Luas Daun
Pearson Correlation	1	-,019
Sig. (2-tailed)	0	,916
N	32	32

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah daun tidak selalu diikuti peningkatan kandungan klorofil pada jaringan daun. Nilai korelasi negatif yang sangat lemah menunjukkan bahwa pembentukan daun lebih berkaitan dengan pertumbuhan morfologis dibandingkan peningkatan sintesis klorofil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sintesis klorofil pada tanaman kangkung darat berada di bawah kendali regulasi fisiologis internal yang relatif stabil. Raksun, *et al.* (2020) menjelaskan bahwa unsur hara yang diserap tanaman tidak hanya digunakan untuk pembentukan klorofil, tetapi juga dialokasikan untuk pembentukan jaringan baru, sintesis protein, dan aktivitas metabolisme lainnya. Akibatnya, peningkatan jumlah daun belum tentu diikuti peningkatan konsentrasi klorofil secara langsung.

Temuan penelitian ini konsisten dengan temuan Suwignya *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa peningkatan kandungan klorofil daun tidak selalu berkorelasi dengan peningkatan indeks pertumbuhan vegetatif. Namun, temuan ini bertentangan dengan sejumlah penelitian lain yang menemukan korelasi positif antara jumlah daun dan kapasitas fotosintesis tanaman. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, fase pertumbuhan tanaman, dan kemampuan adaptasi fisiologis tanaman terhadap ketersediaan unsur hara. Tidak signifikannya hubungan kedua variabel juga diduga dipengaruhi oleh homogenitas sampel dan kondisi lingkungan yang relatif seragam selama penelitian. Intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan yang tidak banyak berubah memungkinkan tanaman mempertahankan kandungan klorofil pada kisaran stabil. Selain itu, ukuran sampel yang terbatas dapat memengaruhi sensitivitas analisis statistik dalam mendeteksi hubungan antarvariabel.

Hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa peningkatan jumlah daun belum tentu

mencerminkan peningkatan aktivitas fisiologis tanaman secara langsung. Dalam budidaya tanaman, parameter morfologis seperti jumlah daun perlu dikombinasikan dengan parameter fisiologis agar evaluasi pertumbuhan tanaman menjadi lebih komprehensif. Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara jumlah daun dan kandungan klorofil pada kangkung darat tergolong sangat lemah dan tidak signifikan sehingga peningkatan jumlah daun tidak selalu diikuti peningkatan kandungan klorofil tanaman.

Korelasi Luas Daun Dengan Kandungan Klorofil

Hasil analisis korelasi Pearson antara luas daun dan kandungan klorofil total menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0,045$ dengan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,807 pada jumlah sampel 32. Nilai korelasi yang sangat mendekati nol menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel sangat lemah dan tidak menunjukkan kecenderungan arah hubungan yang jelas. Nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa hubungan antara luas daun dan kandungan klorofil tidak signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Suwignya *et al.*, (2024), yang menunjukkan bahwa peningkatan indeks pertumbuhan vegetatif tidak selalu berkorelasi dengan peningkatan kandungan klorofil daun. Namun, hasil ini bertentangan dengan sejumlah penelitian sebelumnya yang menemukan hubungan positif antara jumlah daun dan kapasitas fotosintesis tanaman.

Tabel 4. Hasil Uji Kolerasi Luas daun dengan Kandungan Klorofil

Correlations	Total Klorofil	Luas Daun
Pearson Correlation	1	-,045
Sig. (2-tailed)	0	,807
N	32	32

Kandungan klorofil tidak selalu meningkat seiring dengan peningkatan luas daun pada sejumlah perlakuan. Daun dengan ukuran lebih luas cenderung memiliki kandungan klorofil yang relatif stabil dibandingkan perlakuan lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan ukuran daun tidak selalu berhubungan dengan peningkatan akumulasi pigmen fotosintetik pada jaringan daun. Secara teoritis, daun dengan luas

permukaan lebih besar memiliki kemampuan penyerapan cahaya lebih tinggi sehingga sering diasumsikan memiliki kandungan klorofil lebih besar (Paiman, 2022) Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan luas daun tidak berkorelasi dengan peningkatan kandungan klorofil. Nilai korelasi negatif yang sangat lemah menunjukkan bahwa perluasan daun lebih dipengaruhi proses ekspansi sel dibandingkan peningkatan sintesis pigmen klorofil.

Fenomena tersebut berkaitan dengan dilution effect, yaitu kondisi ketika peningkatan ukuran jaringan daun berlangsung lebih cepat dibandingkan akumulasi klorofil sehingga konsentrasi klorofil tampak relatif stabil atau menurun (Govindjee, *et al.*, 2024). Dengan demikian, luas daun yang lebih besar tidak selalu menunjukkan peningkatan kapasitas fisiologis tanaman dalam menghasilkan klorofil. Temuan penelitian ini konsisten dengan temuan Suwignya *et al.*, (2024), yang tidak menemukan dampak nyata dari aplikasi pupuk organik terhadap konsentrasi klorofil daun. Namun, temuan ini bertentangan dengan sejumlah penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa peningkatan luas daun dapat meningkatkan jumlah klorofil karena peningkatan aktivitas fotosintesis. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, fase pertumbuhan tanaman, dan kemampuan adaptasi fisiologis tanaman terhadap kondisi nutrisi.

Selain faktor fisiologis tanaman, homogenitas sampel dan kondisi lingkungan selama penelitian juga diduga memengaruhi hasil korelasi yang tidak signifikan. Intensitas cahaya, suhu, dan ketersediaan air yang relatif seragam memungkinkan tanaman mempertahankan kadar klorofil dalam rentang stabil. Keterbatasan jumlah sampel penelitian juga dapat memengaruhi sensitivitas analisis statistik dalam mendeteksi hubungan antarvariabel. Hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa peningkatan luas daun belum tentu menunjukkan peningkatan kandungan klorofil tanaman. Dalam konteks budidaya dan fisiologi tanaman, parameter morfologis perlu dikombinasikan dengan parameter fisiologis agar evaluasi pertumbuhan tanaman menjadi lebih akurat dan komprehensif. Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara luas daun dan kandungan klorofil pada kangkung darat tergolong sangat lemah dan tidak signifikan sehingga peningkatan

luas daun tidak selalu diikuti peningkatan kandungan klorofil tanaman.

Kesimpulan

Penggunaan pupuk organik cair (POC) yang terbuat dari limbah sayuran cenderung meningkatkan pertumbuhan vegetatif bayam darat (*Ipomoea reptans*), khususnya pada perlakuan N0P3 (0 g NPK + 60 ml POC), yang menghasilkan jumlah daun dan luas daun rata-rata tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Namun, sebagian besar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan signifikan berdasarkan uji Tukey lebih lanjut, menurut uji ANOVA Satu Arah pada tingkat signifikansi 5%. Sementara itu, parameter fisiologis berupa kandungan klorofil menunjukkan tidak adanya pengaruh signifikan antarperlakuan, meskipun secara kuantitatif nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan N0P2 (40 ml POC tanpa NPK). Analisis korelasi Pearson juga menunjukkan bahwa hubungan antara parameter morfologis dan fisiologis tanaman relatif sangat lemah dan tidak signifikan, yaitu korelasi jumlah daun dengan kandungan klorofil serta korelasi luas daun dengan kandungan klorofil. Bayam darat (*Ipomoea reptans*) cenderung berkembang lebih vegetatif ketika pupuk organik cair (POC) yang berasal dari limbah sayuran digunakan, terutama pada perlakuan N0P3 (0 g NPK + 60 ml POC), yang menghasilkan jumlah daun dan luas daun rata-rata terbesar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Namun, uji ANOVA satu arah pada ambang signifikansi 5% menunjukkan bahwa sebagian besar perlakuan tidak menunjukkan perubahan signifikan berdasarkan uji Tukey tambahan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini.

Referensi

Adisa, V. (2023). *Panduan lengkap budi daya kangkung* (Edisi pertama). Pustaka Referensi.

- Afner, S. O. G., Utami, K., Sari, D. P., Siregar, A., Jamilah, J., Syofiani, R., Saida, S., Yuniarti, A., Yamin, B. M., Mulyani, S., Kartini, N. L., & Suparwata, D. O. (2024). *Kesuburan tanah dan pemupukan* (Cetakan pertama). CV HEI Publishing Indonesia.
- Afrijal, A., Syuhada, F. A., Jarlis, R., & Hendrita, V. (2024). Teknik budidaya tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) secara organik di CV. Faruq Farm. *Agriness*, 2(1). <https://doi.org/10.55296/agriness.v2i1.52>
- Agustin, R., Wahyuni, S., & Nurhayati, N. (2023). Pemanfaatan effective microorganism 4 (EM4) dalam pembuatan pupuk organik cair untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(2), 145–153. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2022.v12.i02.p02>
- Aranda, N. P., Santoso, B. B., Muthahanas, I., & Rahayu, S. (2023). Pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) limbah cair tahu terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.29303/jima.v2i1.2289>
- Ardiyanti, D., Fahriah, S. Y., & Chodijah, M. (2021). Pemanfaatan limbah sayur sebagai pupuk organik cair tanaman di RW 12 Kelurahan Babakan Surabaya. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 1(15), 123–133. <https://proceedings.uinsgd.ac.id/index.php/Proceedings>
- Aryani, M., Raksun, A., & Mertha, I. G. (2024). The effect of using NPK fertilizer and liquid organic fertilizer vegetable waste on the vegetative growth of purple eggplant (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 812–824. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6973>
- Burhan, A. (2022). Respon pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) terhadap pemberian pupuk organik di lahan sawah Desa Kelondom. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(12), 4211–4218. <https://doi.org/10.47492/jip.v2i12.1525>
- Chairiyah, N., Murtilaksono, A., Adiwena, M., & Fratama, R. (2022). Pengaruh dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di tanah marginal. *Jurnal Ilmiah Respati*, 13(1), 1–9. <http://ejournal.urindo.ac.id/index.php/pertanian/article/view/2197>
- Chamidah, A., Afrilia, H. C., Ahmad, M. G., & Arisandi, D. (2024). Isolasi klorofil a dan analisis aktivitas antioksidan dari mikroalga *Chlorella vulgaris*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(11), 1006–1020. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i11.57470>
- Dewi, S. M., Harahap, L. H., Arisandi DN, D., & Alpendari, H. (2024). *Pertanian budidaya dan tanaman* (Cetakan pertama). PT Literasi Nusantara Abadi Grup.
- Fauzan, A., & Sitawati. (2022). Pengaruh penggunaan PGPR dan NPK terhadap fase vegetatif dan generatif pada tanaman bunga marigold (*Tagetes erecta* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 10(11), 596–603. <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2022.010.11.01>
- Febbriana, W., Yakop, U. M., & Suryaningsih B. L. (2024). Respon pertumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) terhadap pemberian berbagai dosis pupuk kascing: Growth response of land spinach (*Ipomoea reptans* Poir) to various doses of vermicompost fertilizer. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 3(2), 148–155. <https://doi.org/10.29303/jima.v3i2.5323>
- Food and Agriculture Organization. (2022). *The state of food and agriculture 2022*. FAO.
- Govindjee, G., Stirbet, A., Lindsey, J. S., & Scheer, H. (2024). On the Pelletier and Caventou (1817, 1818) papers on chlorophyll and beyond. *Photosynthesis Research*, 151(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s11120-024-01081-x>
- Hamzah, A., & Siswanto, B. (2023). *Pupuk organik: Tinjauan teori & praktek* (Edisi pertama). Forind.
- Haryanta, D., Tojibatus Sa'adah, I. T., & Thohiron, M. (2021). *Pembuatan pupuk organik cair (POC) berbahan baku limbah organik perkotaan dengan metode D'Wijaya*. UWKS Press.

- Kusumawati, A. (2021). *Kesuburan tanah dan pemupukan* (Edisi pertama). Poltek LPP Press.
- Liu, X., Zhang, Y., Wang, Y., Li, Z., Zhao, J., & Chen, F. (2023). Long-term chemical fertilization reduces soil aggregate stability and soil organic carbon in agricultural soils. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1126150. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1126150>
- Masliani, M., Mahrita, S., Sari, M., & Lestari, Y. M. (2024). *Pertanian era modern: Dinamika pertanian dan solusi inovatif untuk petani*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Mendrofa, M. T., & Gulo, D. (2024). Pengaruh pupuk organik terhadap perbaikan struktur dan stabilitas tanah. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1), 105–110. <https://doi.org/10.70134/penarik.v2i2.72>
- Ningsih, M. S., Susilo, E., Rahmadina, R., Qolby, F. H., Tanjung, D. D., Anis, U., Susila, E. N., Panggabean, N. H., Priyadi, S., Nasution, J., Sari, N. Y., Baharuddin, R., & Wisnubroto, M. P. (2024). *Dasar-dasar fisiologi tumbuhan* (Cetakan pertama). CV HEI Publishing Indonesia.
- Paiman, P. A. (2022). *Pertumbuhan dan perkembangan tanaman*. UPY Press.
- Purba, T., Situmeang, R., Rohman, H. F., Mahyati, A., Firgiyanto, R., Junaedi, A. S., Saadah, T. T., Junairiah, Herawati, J., & Suhastyo, A. A. (2021). *Pupuk dan teknologi pemupukan* (R. Watrionthos, Ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Raksun, A., Ilhamdi, L., Merta, I. W., & Mertha, I. G. (2020). Vegetative growth of pakcoy (*Brassica rapa* L.) due to different dose of bokashi and NPK fertilizer. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3), 452–459. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i3.2156>
- Rantung, R. C., Supit, P. C. H., Paulus, J. M., Rantung, M. R., Wanget, S. A., & Inkiriwang, A. E. B. (2023). Pengaruh pemberian pupuk organik cair limbah dapur terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Eugenia*, 30(3), 1–12. <https://doi.org/10.35791/eug.v30i3.60642>
- Rozari, R., Kisman, & Jayaputra. (2023). Pengaruh pemberian pupuk cair Bioextrim terhadap pertumbuhan dan hasil dua varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 2(3), 321–328. <https://doi.org/10.29303/jima.v2i3.3558>
- Salim, T., Tarigan, D. M., & Haireen, R. M. R. (2025). Pengaruh pemberian pupuk NPK 15:15:15 terhadap pertumbuhan tanaman selasih (*Ocimum basilicum*), mint (*Mentha* spp.), dan sambung nyawa (*Gynura procumbens*). *Jurnal Agrotek*, 9(1), 66–81. <http://ejournal.umsu.ac.id/index.php/agrotek/article/view/713>
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi penelitian* (Cetakan pertama). Penerbit KBM Indonesia.
- Septiadi, A., & Ramadhani, W. K. (2020). Penerapan metode ANOVA untuk analisis rata-rata produksi donat, burger, dan croissant pada Toko Roti Animo Bakery. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2), 60–64. <https://doi.org/10.47492/jip.v2i12.1525>
- Sondang, Y., Elita, N., & Anidarfi. (2020). *Buku ajar praktek: Fisiologi tanaman* (Cetakan pertama). Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Suwignya, I. A., Pelealu, J. J., & Tallei, T. E. (2024). Pengaruh penambahan pupuk organik dan mikoriza terhadap kadar klorofil dan antosianin daun ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* var. *Ayamurasaki*). *Jurnal BIOS LOGOS*, 13(3). <https://doi.org/10.35799/jbl.v13i3.49247>
- Widowati, L. R., Hartatik, W., Setyorini, D., & Trisnawati, Y. (2022). *Pupuk organik: Dibuatnya mudah, hasil tanam melimpah*. Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.