

Original research

PENGARUH CEKAMAN CAHAYA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN BAYAM HIJAU (*Amaranthus hybridus* L.)**THE EFFECT OF LIGHT STRESS ON THE GROWTH OF GREEN SPINACH (*Amaranthus hybridus* L.)****Putri Aprillia Rizwanda^{1*}, Nur Indah Saputri¹, Annisa Nanda Septhalia¹, Fiki Lusiana¹, Dilla Ayu Pramuswari¹, Hida Arliani Nur Anisa¹**¹ Program Studi Biologi Institut Teknologi Sumatera

Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

Corresponding author: putri.120180011@student.itera.ac.id

ABSTRAK

Bayam (*Amaranthus hybridus* L.) merupakan salah satu tanaman yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh cahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan bayam dan membandingkan perbedaan pertumbuhan bayam yang diberi perlakuan sinar matahari secara langsung dan diberikan naungan pada ruangan gelap tanpa cahaya. Tahap awal penelitian ini adalah penyemaian benih, penanaman benih, dan penyiraman setiap hari pada sore hari dengan parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman, berat basah, jumlah daun, dan kadar klorofil menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 480, 645, dan 663. Pada penelitian ini didapatkan hasil yang berbeda terhadap dua perlakuan gelap dan terang. Pertumbuhan tanaman di tempat terang memiliki daun yang hijau, batang yang kokoh, dan tegak sedangkan tanaman di tempat gelap mengalami etiolasi dan kematian. Sejalan dengan hal tersebut, kadar klorofil bayam yang di tanam di tempat terang lebih tinggi dibandingkan di tempat gelap karena cahaya mempengaruhi klorofil untuk fotosintesis pada tanaman bayam.

Kata kunci: bayam, cekaman cahaya, klorofil**ABSTRACT**

Spinach (*Amaranthus hybridus* L.) is a plant whose growth and development are affected by light. This study aims to determine the effect of light on the growth of spinach and to compare the differences in the growth of spinach treated with direct sunlight and shaded in a dark room without light. The initial stages of this research were sowing the seeds, planting the seeds, and watering every day in the evening with the observed parameters namely plant height, fresh weight, number of leaves and chlorophyll content using a spectrophotometer with a wavelength of 480, 645 and 663. In this study it was found different results for the two dark and light treatments. Plant growth in the light has green leaves, sturdy stems, and upright while plants in the dark experience etiolation and death. In line with this, the chlorophyll content of spinach grown in bright places is higher than in dark places because light affects chlorophyll for photosynthesis in spinach plants.

Keywords: spinach, light stress, chlorophyll**Pendahuluan**

Tumbuhan sangat membutuhkan cahaya dalam pertumbuhannya, fotosintesis, respirasi, pembukaan dan penutupan stomata membutuhkan peran cahaya. Cahaya dihasilkan oleh matahari yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman melalui tiga sifatnya yaitu intensitas cahaya, kualitas cahaya (panjang gelombang), dan lamanya penyinaran (panjang hari). Pengaruh dari ketiga sifat cahaya terhadap tumbuhan adalah melalui pembentukan klorofil, pembukaan stomata, pembentukan antosianin (pigmen merah), perubahan suhu daun dan batang, penyerapan hara, permeabilitas

dinding sel, transpirasi dan gerakan protoplasma (Aji *et al.*, 2015).

Menurut Silvikutur (2007) menyatakan bahwa cahaya berpengaruh terhadap arah pertumbuhan akar dan perluasan atau tidak bergulungnya daun. Daun berusaha mendapatkan lebih banyak cahaya untuk proses fotosintesis. Cahaya akan menghambat pertumbuhan batang sehingga pada bagian batang yang tidak terkena cahaya menjadi lebih panjang. Selain berpengaruh terhadap proses fotosintesis, cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan setiap organ dan keseluruhan tumbuhan. Keadaan gelap berpengaruh terhadap bentuk luar tumbuhan dan laju

perpanjangannya. Tumbuhan yang diletakan ditempat gelap akan tumbuhan lebih cepat daripada yang diletakan di tempat yang terkena cahaya.

Bayam (*Amaranthus hybridus* L.) merupakan salah satu tanaman yang pertumbuhan dan perkembangannya dipengaruhi oleh cahaya dan termasuk tanaman yang sangat digemari oleh masyarakat sebagai sayuran hijau karena mengandung zat besi yang dibutuhkan oleh sel darah merah untuk membuat hemoglobin, sehingga sangat penting bagi tubuh. Bayam juga merupakan tanaman semusim dan termasuk kedalam tanaman C4 yang mampu mengikat gas CO₂ secara efisien dalam kondisi suhu tinggi atau kadar air tanah yang rendah sehingga tanaman bayam memiliki adaptasi tinggi pada berbagai ekosistem (Zuryanti, 2016). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021) produksi bayam di Indonesia mencapai 171.706 ton pada tahun 2021. Produksi tersebut mengalami peningkatan 9,35% dibandingkan tahun sebelumnya sebesar 157.024 ton. Hal tersebut dikarenakan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan kebutuhan bahan pangan menjadi meningkat, khususnya pada tanaman bayam. Selain dimanfaatkan sebagai sayuran, bayam juga mampu memperbaiki daya kerja ginjal dan melancarkan pencernaan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional karena mengandung banyak vitamin A, B, C, dan mineral (Letty, 2021).

Dalam pertumbuhan dan perkembangannya, intensitas cahaya matahari sangat diperlukan untuk proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi. Tanaman akan tumbuh baik jika memperoleh sinar matahari yang cukup karena intensitas cahaya yang tinggi akan menyebabkan laju fotosintesis tanaman maksimum. Pengaruh intensitas cahaya akan mempengaruhi karakteristik morfologi pada suatu tanaman yang terlihat secara perbedaannya fisik daun, jumlah daun, diameter batang, tinggi tanaman. Jika tanaman kekurangan intensitas cahaya akan mempengaruhi pertumbuhan menjadi lambat dan akan mengalami gejala etiolasi, hal tersebut bergantung pada kemampuan tanaman dalam mengatasi cekaman intensitas cahaya yang rendah untuk melanjutkan fotosintesis (Susilawati, 2016). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan bayam, dan menganalisis perbedaan karakteristik morfologi bayam yang diberi perlakuan menggunakan cahaya matahari

dengan karakteristik bayam yang ditanam ditempat gelap.

Bahan dan Metode

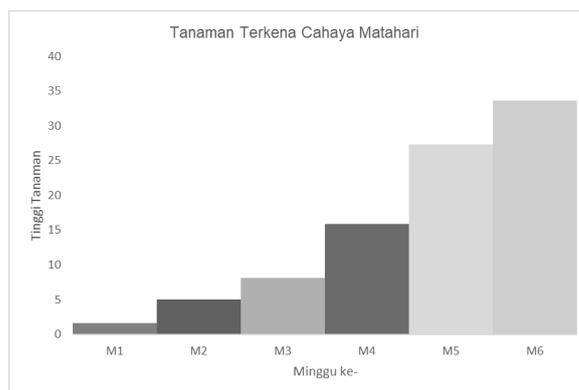
Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Raya ITERA, Institut Teknologi Sumatera dimulai pada tanggal 21 Februari - 21 April 2023. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah polybag, air, cutter, label, dan penggaris. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bibit bayam dan tanah sekam.

Penelitian ini dirancang menggunakan dua macam perlakuan, terdiri dari perlakuan yang ternaungi, dan perlakuan yang terpapar cahaya matahari. Perlakuan yang ternaungi diletakkan ditempat yang gelap, sedangkan perlakuan yang terpapar cahaya matahari diletakkan ditempat yang terang. Pada penelitian ini dilakukan 5 kali pengulangan dengan total 10 perlakuan. Penyiraman dan pengamatan dilakukan setiap hari pada sore hari selama 6 minggu untuk parameter tinggi tanaman, sedangkan perhitungan jumlah daun, berat basah, dan kadar klorofil dilakukan pada minggu ke-6.

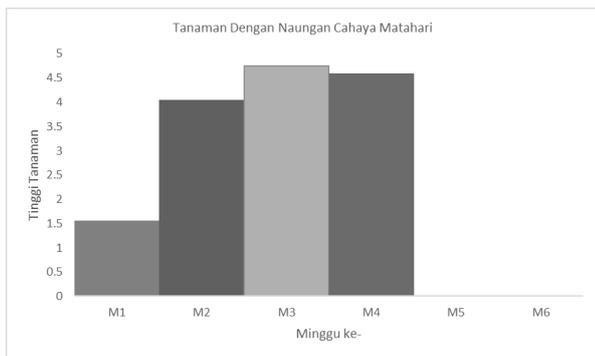
Hasil dan Pembahasan

Pertambahan Tinggi Tanaman

Data pertambahan tinggi bayam umur 6 minggu dengan perlakuan di bawah naungan cahaya dan tanpa naungan cahaya (terpapar cahaya). Untuk mengetahui pengaruh berbagai naungan cahaya terhadap pertambahan tinggi tanaman bayam, disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Pertambahan tinggi rata-rata tanaman bayam di bawah cahaya matahari setelah 6 minggu.



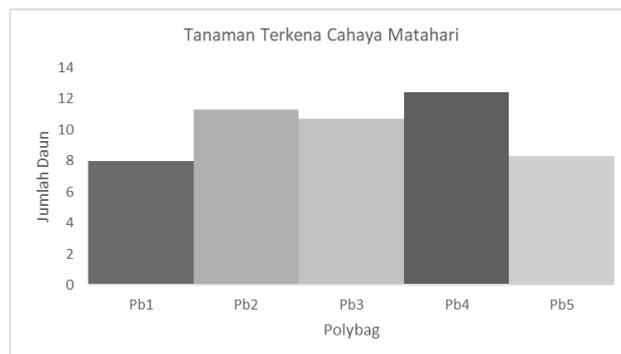
Gambar 2. Pertambahan tinggi rata-rata tanaman bayam dengan naungan cahaya setelah 6 minggu.

Hasil pengamatan selama 6 minggu menunjukkan pada perlakuan dengan penyinaran matahari secara langsung menghasilkan pertambahan tinggi semai bayam hijau (*Amaranthus hybridus* L.) lebih baik dari perlakuan yang diberikan naungan pada tempat gelap tanpa cahaya matahari. Berdasarkan grafik pertambahan tinggi tanaman tertinggi terlihat pada perlakuan terkena cahaya matahari dengan rata-rata tinggi akhir yaitu 34,8 cm. Sedangkan pertambahan tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan dengan naungan cahaya yaitu memiliki pertambahan tinggi akhir dengan rata-rata 4,6 cm, dan mengalami kematian pada minggu ke 5. Penurunan tinggi tanaman dapat diakibatkan karena pengaruh naungan pada tempat gelap, karena intensitas cahaya berpengaruh terhadap pembesaran sel dan diferensiasi sel yang berdampak pada pertumbuhan tinggi tanaman, ukuran daun, serta batang tanaman (Wachid & Rizal, 2019).

Jumlah Daun

Hasil perhitungan jumlah daun tanaman bayam yang terkena matahari memiliki jumlah daun lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan tanaman dengan naungan cahaya yang sudah mati dan tidak dapat dihitung jumlah daunnya. Pada parameter pengamatan akhir pada jumlah daun menunjukkan jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan tanpa naungan dan memiliki kecenderungan penurunan jumlah daun pada perlakuan naungan cahaya (tempat gelap). Perlakuan terkena cahaya matahari secara langsung memiliki jumlah daun yang lebih banyak dengan rata-rata akhir jumlah daun 10,14. Sedangkan pada perlakuan dengan naungan cahaya pada tempat gelap tanaman bayam tersebut mati sehingga jumlah daunnya tidak dapat dihitung. Hal tersebut disebabkan karena pada perlakuan tanpa naungan (terkena cahaya

matahari secara langsung) tanaman bayam hijau memperoleh sinar matahari yang optimal, sehingga proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman juga optimal (Khusni *et al.*, 2018). Daun yang berada dalam kondisi ternaungi tidak cukup mendapatkan cahaya matahari selama proses fotosintesis, akibatnya daun tidak dapat menyumbang fotosintat bersih sehingga laju pertumbuhan vegetatif terhambat dan jumlah daun pada tanaman menjadi lebih sedikit (Bramantyo *et al.*, 2013).



Gambar 3. Rata-rata jumlah daun bayam tanpa naungan cahaya setelah 6 minggu.

Berat Basah

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan pada berat basah tanaman bayam disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Rata-rata hasil berat basah tanaman bayam pada perlakuan terkena cahaya dan ternaungi cahaya

Parameter	Perlakuan	
	Terkena cahaya	Ternaungi cahaya
Berat Basah	0,488 g	0,15 g

Berdasarkan hasil pengamatan berat basah yang diperoleh pada tanaman dengan perlakuan terkena sinar matahari secara langsung yaitu 0,488 g yang menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan naungan pada ruang gelap yaitu hanya 0,15 g. Berat basah tersebut merupakan bobot tanaman yang masih hidup dan ditimbang secara langsung setelah ditanam selama 6 minggu kemudian dipanen, dan sebelum tanaman layu akibat kehilangan air. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metabolisme tanaman yang diberikan perlakuan tanpa naungan berjalan dengan sangat baik. Tanaman yang diberikan

perlakukan dengan naungan pada tempat gelap kurang mendapatkan intensitas cahaya matahari secara langsung sehingga proses fotosintesis tidak optimal dibandingkan dengan tanpa naungan cahaya. Kondisi tersebut disebabkan karena pertumbuhan berat basah pada tanaman bayam hijau (*Amaranthus hybridus* L.) memerlukan intensitas cahaya yang tinggi untuk membantu proses fotosintesis dan menghasilkan aktivitas metabolik tanaman yang baik. Jika tanaman diberikan naungan cahaya, energi yang dihasilkan dari proses metabolisme tidak cukup untuk melakukan fotosintesis serta dapat mengakumulasi produk fotosintat pada tingkat cahaya yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis tersebut sehingga pertumbuhannya tidak sempurna (Khusni *et al.*, 2018).

Berdasarkan ketiga parameter yang diamati ketiga perlakuan memiliki hasil yang tidak berbeda nyata. Hal tersebut disebabkan karena berat basah dipengaruhi oleh jumlah daun dan tinggi tanaman. Jika berat basah mengalami penurunan akan sejalan dengan pemanjangan dan pembesaran sel menjadi terhambat, akibat adanya pengaruh keadaan sekitar lingkungan yang kurang mendukung seperti adanya naungan cahaya yang menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Begitu juga sebaliknya, jika pertumbuhan tanaman tidak terganggu, maka pertumbuhan tanaman akan optimal (Badih *et al.*, 2021). Berdasarkan Polii (2009), jumlah daun sangat berpengaruh pada berat basah tanaman. Hal tersebut karena daun adalah *source* bagi tanaman sehingga dengan meningkatnya jumlah daun maka berat segar tanaman akan meningkat secara otomatis. Daun juga memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga dengan jumlah daun yang semakin tinggi maka kadar air pada tanaman juga semakin tinggi dan menyebabkan berat segar semakin meningkat.

Kadar Klorofil

Hasil pengamatan dan perhitungan pada parameter kadar klorofil tanaman bayam disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel pengamatan kadar klorofil pada daun bayam hijau (*Amaranthus hybridus* L.) dengan pemberian dua perlakuan berbeda yaitu terkena cahaya matahari secara langsung dan diberi naungan cahaya yang ditempatkan pada ruang gelap mengandung konsentrasi yang berbeda-beda. Kadar klorofil pada perlakuan terkena cahaya lebih tinggi dibandingkan pada tanaman yang ternaungi. Salah satu indikator penting dalam proses fotosintesis adalah

cahaya matahari sehingga pada proses fotosintesis tersebut terdapat peran klorofil yang berfungsi dalam penyerapan cahaya yang diterima oleh daun. Klorofil a dan b memiliki peranan dalam proses fotosintesis tanaman. Klorofil a merupakan pigmen penting yang jumlahnya paling tinggi dan molekul klorofil yang berperan dalam reaksi terang fotosintesis, sedangkan klorofil b merupakan pigmen pelengkap pada tanaman namun memiliki fungsi sebagai antenna fotosintetik yang mengumpulkan cahaya dan ditransfer menuju pusat reaksi yang tersusun dari klorofil a (Istri & Dharmadewi, 2022).

Tabel 2. Hasil rata-rata kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total tanaman bayam pada perlakuan terkena cahaya dan ternaungi cahaya

Perlakuan	Kadar Klorofil (mg/l)	
	Klorofil a	Klorofil b
Terkena Cahaya	13,973	5,862
Ternaungi Cahaya	6,871	4,599

Tanaman bayam dengan perlakuan terkena cahaya matahari mengandung kadar klorofil a yang lebih tinggi yaitu 13,973 mg/l dibandingkan pada tanaman yang ternaungi cahaya yaitu 6,871 mg/l. Kadar klorofil b yang dihasilkan pada tanaman yang terkena cahaya matahari memiliki konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 5,862 mg/l, sedangkan kadar klorofil b pada perlakuan ternaungi cahaya sebesar 4,599 mg/l. Kadar klorofil dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, hal tersebut membuktikan bahwa cahaya matahari sangat mempengaruhi dalam pembentukan klorofil tanaman bayam hijau. Tanaman yang menerima asupan cahaya matahari akan mengalami fotosintesis dengan laju yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanaman yang ternaungi. Intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh daun disebabkan oleh perbedaan tempat tumbuh dan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman (Fanindi *et al.*, 2012).

Adanya naungan dapat meningkatkan ukuran antenna klorofil dan peningkatan sel klorofil sehingga dapat menghasilkan klorofil a dan klorofil b yang lebih tinggi dibandingkan tanpa naungan. Tanaman yang diberikan perlakuan dengan naungan mengandung

klorofil b yang lebih banyak karena disetiap kloroplas memiliki lebih banyak grana dibandingkan dengan daun pada tanaman tanpa naungan. Grana akan meningkat apabila dihasilkan dari tingkat naungan yang semakin besar dan diterima oleh tanaman tersebut (Khusni et al., 2018). Dengan pemberian perlakuan naungan cahaya atau intensitas cahaya yang rendah akan menjadikan tanaman dalam keadaan tercekam sehingga membuat tanaman meningkatkan jumlah klorofil untuk menangkap cahaya agar fotosintesis tetap berlangsung serta akan mendorong penyerapan spektrum cahaya menjadi lebih tinggi sehingga mendorong tanaman (plastid/kloroplas) memproduksi klorofil (Zainal et al., 2022).

Proses terjadinya pertumbuhan pada tanaman bayam hijau sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama dilakukannya penelitian. Lingkungan merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil akhir dari tanaman bayam, jika tanaman tersebut memiliki kemampuan untuk tumbuh dengan baik tetapi keadaan lingkungan tidak sesuai maka hasil akhir pada tanaman tersebut tidak akan maksimal dalam pertumbuhannya. Kondisi lingkungan tersebut seperti intensitas cahaya matahari, serta ada atau tidaknya organisme yang mengganggu tanaman (Ningsih, 2019).

Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh cekaman cahaya terhadap pertumbuhan bayam hijau dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Cahaya dapat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman.
2. Tanaman bayam yang terkena cahaya matahari secara langsung pertumbuhannya lebih cepat, daun berwarna hijau, batangnya tegak dan kokoh, daunnya lebar dan tebal. Sedangkan, tanaman bayam yang tidak terkena cahaya matahari pertumbuhannya mengalami etiolasi, daun tipis berwarna pucat, batang tidak kokoh dan mengalami kematian.

Conflict of Interest

Karya tulis ini tidak memiliki *conflict of interest*.

Referensi

Aji I.M.L., Sutriyono R., Yudistira. (2015). Pengaruh Media Tanam dan Kelas Intensitas Cahaya

Terhadap Pertumbuhan Benih Gaharu (*Gyrinops versteegii*). *Jurnal Media Bina Ilmiah* 9 (5),1-10

Angraini, R. (2019). Pengaruh Aplikasi Beberapa Jenis Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus Tricolor*. L). *Agrofood Jurnal Pertanian dan Pangan*, 1(1),10-14.

Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim : Bayam*.Www.Bps.Go.Id.

Badih, Saleh, S., & Rahmayanti, F. D. (2021). Pengaruh Komposisi Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi Pagoda (*Brassica narinosa* L.). *Jurnal Agrisia*, 13(2), 20–39.

Bramantyo, J., Samanhudi, D. M., and Rahayu (2013). Pengaruh Naungan dan Cekaman Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Purwoceng (*Pimpinella pruatan*) di Tawangmangu. *Agron*, 2(1),53–64.

Fanindi, A., Prawiradiputra, b. r., & Abdullah, L. (2012). Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Produksi Hijauan dan Benih Kalopo (*Calopogonium mucunoides*). *Jitv*, 15(3), 205–214.

Istri, A. A., & Dharmadewi, M. (2022). Analisis Kandungan Klorofil Pada Beberapa Jenis Sayuran Hijau Sebagai Alternatif Bahan Dasar Food Suplement. *Jurnal Emasains: Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, IX, 171–176.

Jauhari, T., & Purnamaningsih, S. L. (2021). Keragaman Genetik dan Fenotip pada Dua Populasi Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 9(2), 140-144.

Khusni, L., Hastuti, R. B., and Prihastanti, E. (2018). Pengaruh Naungan terhadap Pertumbuhan dan Aktivitas Antioksidan pada Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3, 62–70.

Letty, I. M., & Ngginak, J. (2021). Respon Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Bayam Hijau (*Amaranthus viridis* L.) Dengan Pemberian Kompos Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) (*Response of Vegetative Growth of Green Spinach (Amaranthus viridis L.) Plants With Composting of Waste Bana*. 4(2), 71–78.

Nirwan, S. (2017). *Produksi Flavonoid Daun Dewa (Gynura pseudochina (L.) DC) Asal Kultur In*

- Vitro pada Kondisi Naungan dan Pemupukan.* Bogor: IPB Press.
- Ningsih, R. S. (2019). Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kacang Merah. *Jurnal Agrowagati*, 7(1), 1-6.
- Poincelot, R. (2015). *Horticulture: principles and practical applications.* London: Prentice-Hall.
- Polii, M. G. (2009). Respon Produksi Tanaman Kangkung terhadap Variasi Waktu Pemberian Pupuk Kotoran Ayam. *Soil Environment*, 1(7), 18-22.
- Saprianto, C. (2013). *Grow Your Own Vegetables Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi.* Yogyakarta: Penebar Swadaya.
- Silvikultur. (2007). *Sumber Cahaya Matahari.* Jakarta: Pakar Raya.
- Susilawati, Wardah, & Irmasari. (2016). Pengaruh Berbagai Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan Semai Cempaka (*Michelia champaca* L.) di Persemaian. *J. ForestSains*, 14(1).
- Tourney, K. (2014). *Fisika untuk Sains dan Teknik jilid 1.* Jakarta: Erlangga.
- Wachid, A., & Rizal, S. (2019). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor* L.) Akibat Pemberian Naungan dan Pupuk Kandang. *Nabatia*, 7(2), 87-96.
- Zainal, A., Hasbullah, F., Akhir, N., & Hervani, D. (2022). Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Kalsium Oksalat Tanaman Talas Putih (*Xanthosoma* Sp) Effect of Light Intensity on Growth And Calcium Oxalate Content Of White Taro Plants (*Xanthosoma* sp.). *Jurnal Pertanian Agros*, 24(1), 514–525.
- Zuryanti, D., Rahayu, A., & Rochman, N. (2016). Pertumbuhan, Produksi dan Kualitas Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam dan Kalium Nitrat (KNO₃). *Jurnal Agronida*, 2(2), 98–105.