



# PENGARUH VARIASI INTENSITAS CAHAYA TERHADAP EFISIENSI FOTOSINTESIS PADA PERTUMBUHAN TANAMAN

Arni Lestari Waruwu<sup>1)</sup>, Heppy Kardiani Mendrofa<sup>2)</sup>, Fedilina Tafonao<sup>3)</sup>, Namyra Olivia Gulo<sup>4)</sup>,  
Manyupril Lukevin Fatlow Zai<sup>5)</sup>, Patricia Zeni Febriani Waruwu<sup>6)</sup>, Perti Citra Damarni Gulo<sup>7)</sup>  
Helmin Parida Zebua<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [arnilestariwar@gmail.com](mailto:arnilestariwar@gmail.com)

<sup>2)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [hepikardianimendrofa@gmail.com](mailto:hepikardianimendrofa@gmail.com)

<sup>3)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [fedilinatafonao2004@gmail.com](mailto:fedilinatafonao2004@gmail.com)

<sup>4)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [Manyuprillukevinfatlowzai@gmail.com](mailto:Manyuprillukevinfatlowzai@gmail.com)

<sup>5)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [namyraoliviaguulo5@gmail.com](mailto:namyraoliviaguulo5@gmail.com)

<sup>6)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [patricia@gmail.com](mailto:patricia@gmail.com)

<sup>7)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [pertywaruwu@gmail.com](mailto:pertywaruwu@gmail.com)

<sup>8)</sup>Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [helminparidaz@gmail.com](mailto:helminparidaz@gmail.com)

## Abstract

This study examines the effect of light intensity variation on photosynthesis efficiency in plant growth. Photosynthesis is a vital process for plants, relying on solar energy to convert carbon dioxide and water into glucose and oxygen. The light intensity received by plants significantly determines photosynthesis efficiency and plant growth. This research was conducted through a literature review method, analyzing various scientific sources to understand how light intensity affects the photosynthesis process. The results indicate that optimal light intensity enhances the photosynthesis rate, while excessively low or high intensity can hinder plant growth. Other factors such as light spectrum, light duration, and plant adaptation to specific light conditions also influence photosynthesis efficiency.

**Keywords:** sunlight, photosynthesis efficiency, plant growth

## Abtrak

Penelitian ini membahas pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap efisiensi fotosintesis pada pertumbuhan tanaman. Fotosintesis merupakan proses vital bagi tanaman yang bergantung pada energi cahaya matahari untuk mengonversi karbon dioksida dan air menjadi glukosa serta oksigen. Intensitas cahaya yang diterima tanaman sangat menentukan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini dilakukan dengan metode kajian pustaka, di mana berbagai sumber ilmiah dianalisis untuk memahami bagaimana intensitas cahaya memengaruhi proses fotosintesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang optimal meningkatkan laju fotosintesis, sedangkan intensitas yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Faktor lain seperti spektrum cahaya, durasi cahaya, dan adaptasi tanaman terhadap kondisi cahaya tertentu juga turut mempengaruhi efisiensi fotosintesis.

**Kata kunci:** cahaya matahari, efisiensi fotosintesis, pertumbuhan tanaman



## PENDAHULUAN

Fotosintesis adalah proses untuk memproduksi gula (karbohidrat) pada tumbuhan, beberapa bakteri dan organisme non-seluler (seperti jamur, protozoa) dengan menggunakan energi matahari, yang melalui sel-sel yang berespirasi energi tersebut akan dikonversi ke dalam bentuk ATP sehingga dapat digunakan seluruhnya oleh organisme tersebut. Reaksi umum dan proses fotosintesis adalah  $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{Cahaya} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ .

Sinar dari matahari merupakan sumber energi penting bagi kehidupan manusia, dan dalam proses pertumbuhan tanaman, sinar matahari sangat diperlukan. Tanaman dapat tumbuh secara optimal ketika mendapatkan sinar matahari yang cukup. Matahari memiliki peran krusial dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terutama melalui proses fotosintesis. Dalam fotosintesis, energi cahaya matahari diserap oleh klorofil di daun dan diubah menjadi glukosa dan oksigen. Glukosa ini kemudian digunakan oleh tanaman sebagai sumber energi untuk membentuk organ seperti daun, batang, dan akar. Intensitas cahaya matahari merujuk pada jumlah sinar matahari yang diabsorpsi atau diterima oleh tanaman, yang mempengaruhi proses fisiologisnya. Cahaya matahari menyediakan sumber energi yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis.

Dalam proses pertumbuhannya, tanaman membutuhkan ketersediaan intensitas cahaya yang cukup. Hal ini disebabkan karena sinar matahari yang intens diperlukan secara berkelanjutan untuk menggabungkan karbon dioksida dan air dalam pembentukan

karbohidrat sebagai sumber energi bagi tanaman.

Matahari memiliki peran krusial dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terutama melalui proses fotosintesis. Dalam fotosintesis, energi cahaya matahari diserap oleh klorofil di daun dan diubah menjadi glukosa dan oksigen. Glukosa ini kemudian digunakan oleh tanaman sebagai sumber energi untuk membentuk organ seperti daun, batang, dan akar.

Intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman mempengaruhi proses fisiologisnya. Cahaya matahari menyediakan sumber energi yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis.

Selain itu, intensitas cahaya matahari juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.).

Pengaruh utama dari intensitas cahaya matahari terlihat dalam proses fotosintesis tanaman, sementara pengaruh sekundernya termanifestasi dalam aspek morfogenetik. Dalam hubungannya dengan intensitas cahaya, tanaman beradaptasi dengan menempatkan daun pada posisi yang dapat menyerap cahaya secara maksimal. Daun yang menerima intensitas cahaya maksimum biasanya terdapat pada tajuk utama yang terpapar sinar matahari langsung. Produksi tanaman akan meningkat ketika permukaan daun menjadi lebih besar atau jumlah daun dan anak daun meningkat, karena ini memungkinkan proses fotosintesis berlangsung dengan optimal (Previensari, 2020).



Menurut Loveless (1991), cahaya matahari memiliki sifat polikromatik bila dibiarkan akan menghasilkan cahaya-cahaya monokromatik. Cahaya-cahaya monokromatik inilah yang ditangkap oleh klorofil dan digunakan dalam proses fotosintesis. Dalam suatu percobaan diketahui bahwa gelombang cahaya biru dan cahaya merah adalah yang paling efektif dalam melakukan proses fotosintesis. Hal ini memotivasi untuk dilakukannya suatu percobaan pula untuk mengetahui pengaruh spektrum cahaya tampak terhadap laju fotosintesis.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan dengan metode kajian pustaka, di mana data dan informasi dikumpulkan dari berbagai sumber ilmiah, termasuk jurnal terakreditasi, buku referensi, dan artikel penelitian terdahulu yang membahas pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap efisiensi fotosintesis pada pertumbuhan tanaman. Sumber-sumber yang digunakan dianalisis secara komparatif untuk mengidentifikasi pola, hubungan, serta kesimpulan yang telah dikemukakan dalam penelitian sebelumnya. Data yang diperoleh kemudian disintesis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai topik yang dibahas

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Proses fotosintesis berlangsung dalam 2 proses. Proses pertama merupakan proses yang tergantung pada cahaya matahari (reaksi terang), yaitu reaksi yang membutuhkan energi cahaya matahari langsung dan molekul-molekul energi cahaya tersebut belum dapat digunakan untuk proses berikutnya. Oleh karena

itu pada reaksi terang ini, energi cahaya matahari yang belum dapat digunakan tersebut akan dikonversi menjadi molekul-molekul energi yang dapat digunakan yaitu dalam bentuk energi kimia. Konversi energi cahaya menjadi energi kimia dilakukan oleh aktivitas pigmen daun (klorofil). Dalam reaksi terang, cahaya matahari akan membentur klorofil-a sebagai suatu cara untuk membangkitkan elektron agar menjadi suatu energi dengan tingkatan yang lebih tinggi.

Cahaya merupakan faktor yang terpenting dalam proses fotosintesis, di mana cahaya sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis yang dapat mempengaruhi produktivitas tanaman.(Yustiningsih 2019). Cahaya mencakup bagian dari energi matahari dengan panjang gelombang antara 390 nm sampai 760 nm dan tergolong cahaya tampak.

Reaksi terang atau reaksi penangkapan energi adalah proses untuk menghasilkan ATP atau reduksi NADPH<sub>2</sub>. Reaksi ini memerlukan molekul air. Proses diawali dengan penangkapan foton oleh pigmen sebagai antena.(Suyatman 2021).

Pigmen klorofil menyerap lebih banyak cahaya, terlihat pada warna biru (434-520 nm) dan merah (625-740 nm) dibandingkan hijau (520-565 nm). (Handoko dan Fajariyanti 2013). Reaksi terang terjadi pada grana, membran tilakoid. Di dalam reaksi terang, tumbuhan menangkap air dan CO<sub>2</sub> kemudian mengolahnya menggunakan sumber energi cahaya matahari yang ditangkap oleh klorofil. Selanjutnya, gula dan air tersebut dengan bantuan sinar matahari diubah menjadi gula (glukosa), O<sub>2</sub>, dan uap air. O<sub>2</sub> dan uap air dikeluarkan dari dalam tubuh tumbuhan, sedangkan gula dijadikan



bahan makanan tumbuhan tersebut. (Nurmaeli dan Taifur 2015) Cahaya hijau ini akan dipantulkan dan ditangkap oleh mata sehingga menimbulkan sensasi bahwa daun berwarna hijau. Fotosintesis akan menghasilkan lebih banyak energy pada gelombang cahaya pada panjang tertentu karena panjang gelombang yang pendek menyimpan lebih banyak energi.

Pada daun, cahaya akan diserap oleh molekul klorofil untuk dikumpulkan pada pusatpusat reaksi. Tumbuhan memiliki dua jenis pigmen yang berfungsi aktif sebagai pusat reaksi atau fotosintesis yaitu fotosistem II (PS II) dan fotosistem I (PS I). Fotosistem II terdiri dari molekul klorofil yang menyerap cahaya dengan panjang gelombang 680 nanometer. Fotosistem II (PS II) berisi pusat reaksi P680, yang berarti bahwa fotosistem ini optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang 680 nm. Sedangkan fotosistem I (PS I) menyerap cahaya dengan panjang gelombang 700 nanometer. Fotosistem I (PS I) berisi pusat reaksi P700, yang berarti bahwa fotosistem ini optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang 700 nm. Kedua fotosistem ini akan bekerja secara simultan dalam fotosintesis seperti dua baterai dalam senter yang bekerja saling memperkuat. (Suyatman 2021).

Laju fotosintesis terhadap berbagai macam spesies tumbuhan yang tumbuh pada berbagai daerah yang berbeda seperti tumbuhan yang tumbuh di gurun pasir, puncak gunung dan hutan hujan tropis, sangat berbeda. Faktor yang mempengaruhi fotosintesis di antaranya cahaya, konsentrasi CO<sub>2</sub>, suhu, H<sub>2</sub>O, dan unsur hara tempat hidup spesies tumbuhan tersebut.

Spesies tumbuhan yang tumbuh di lingkungan terpapar sinar matahari langsung secara sempurna dengan spesies tumbuhan yang tumbuh di lingkungan tanpa terpapar sinar matahari akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman tersebut. Oleh karena itu, cahaya sangat mempengaruhi proses fotosintesis.

Reaksi gelap pada tumbuhan dapat terjadi melalui dua jalur, yaitu siklus Calvin-Benson dan siklus Hatch-Slack. Pada siklus Calvin-Benson tumbuhan mengubah senyawa ribulosa 1,5 bisfosfat menjadi senyawa dengan jumlah atom karbon tiga yaitu senyawa 3-phosphogliserat. Oleh karena itulah tumbuhan yang menjalankan reaksi gelap melalui jalur ini dinamakan tumbuhan C-3. Penambatan CO, sebagai sumber karbon pada tumbuhan ini dibantu oleh enzim rubisco. Tumbuhan yang reaksi gelapnya mengikuti jalur Hatch-Slack disebut tumbuhan C-4 karena senyawa yang terbentuk setelah penambatan CO<sub>2</sub> adalah oksaloasetat yang memiliki empat atom karbon. Enzim yang berperan adalah phosphoenolpyruvate karboksilase. (Lakitan 2007).

#### a) Pengaruh Intensitas Cahaya

Sinar matahari adalah sumber utama energi untuk proses fotosintesis pada daun. Hanya sekitar 15% dari energi matahari yang diserap oleh daun sedangkan sisanya disalurkan melalui transpirasi atau dipantulkan (Lincoln Taiz., 2010). Selain itu, Intensitas cahaya matahari dapat berpengaruh secara langsung pada proses fotosintesis dan juga secara tidak langsung pada aspek morfologi. Jika intensitas cahaya rendah, efek yang terlihat akan lebih



ke arah pengaruh morfologi (Fitter A.H & Hay R.K.M, 1991).

Efisiensi penyerapan cahaya oleh daun dapat menghasilkan perubahan morfologi dan fisiologi yang berbeda. Penelitian yang dilakukan pada tanaman kopi menunjukkan bahwa laju fotosintesis pada kopi sangat dipengaruhi bentuk hidrolic daun yang berpengaruh pada stomata konduktan (gs) (Martins et al, 2014). Kopi merupakan jenis tanaman yang tumbuh dibawah naungan sehingga penyerapan intensitas cahaya tidak maksimal. Martin et al (2014) melakukan penelitian pengukuran laju fotosintesis (A) pada tanaman kopi terkena cahaya langsung dan kopi tumbuh di bawah naungan. Hasil menunjukkan laju fotosintesis pada kopi yang terkena cahaya langsung tetap rendah dikarenakan adanya mekanisme resistensi difusi CO<sub>2</sub> yang rendah dan laju fotorespirasi yang tinggi. Kemampuan fiksasi CO<sub>2</sub> yang rendah akan berpengaruh pada kinerja enzim Rubisco, dimana tumbuhan tidak akan membuang energi untuk membentuk Rubisco dalam jumlah besar jika CO<sub>2</sub> yang difiksasi sedikit; sehingga proses reaksi pembentukan Rubisco melalui transport electron akan disesuaikan. Energi dari transport electron bermula dari penyerapan foton yang diterima oleh daun melalui reaksi PS II dan PS I.

Penyesuaian serapan foton akan berakibat pada penyesuaian serapan cahaya yang dibutuhkan oleh daun. Menurut Taiz & Zeiger (2010) factor yang dapat

mempengaruhi laju fotosintesis adalah aktivitas Rubisco, regenerasi ribulose biphosphate (RuBP) dan metabolisme gliserol dehid 3 fosfat (G3P). Aktivitas rubisco dan RuBP sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya sedangkan metabolisme G3P ditentukan oleh fiksasi CO<sub>2</sub>.

Ketika intensitas cahaya yang diserap oleh kanopi rendah, maka potensial elektron yang tereksitasi menjadi rendah karena energi foton yang terbatas. Tumbuhan membuat strategi penyaluran dan pendistribusian cahaya secara efisien yaitu dengan mpendarkan dan menyalurkan cahaya. Propogasi cahaya dilakukan melalui vakuola dan permukaan sel yang berongga untuk memaksimalkan energi dan meminimalkan jarak yang harus dilalui oleh electron pada rangkaian transport electron. Semakin besar jarak yang harus dilalui oleh electron maka semakin besar energi yang diperlukan (Martins et al, 2014). Oleh karenanya kedua jenis tumbuhan mempunyai laju fotosintesis (A) yang berbeda.

Intensitas cahaya merupakan faktor lingkungan utama yang memengaruhi proses fotosintesis. Fotosintesis adalah proses biokimia di mana tanaman menggunakan energi cahaya untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen. Intensitas cahaya berperan dalam menentukan jumlah energi yang tersedia untuk mendukung reaksi fotosintetik. Baik intensitas cahaya yang terlalu rendah



maupun terlalu tinggi dapat memengaruhi efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman.

1) Cahaya Rendah (Defisit Cahaya)

Ketika intensitas cahaya rendah, fotosintesis berjalan lambat karena jumlah energi yang tersedia untuk mengaktifkan molekul klorofil sangat terbatas. Tanaman yang beradaptasi dengan cahaya rendah meningkatkan kandungan klorofil b, yang lebih efektif menyerap cahaya dengan intensitas kecil. Penelitian pada tomat menunjukkan bahwa genotipe tertentu dapat mempertahankan laju fotosintesis di bawah naungan melalui peningkatan kadar klorofil b, meskipun laju pertumbuhan tetap lebih rendah dibandingkan kondisi dengan intensitas cahaya penuh (Sulistyowati, 2016).

2) Cahaya Optimal

Pada intensitas cahaya yang optimal, fotosintesis berlangsung pada tingkat maksimum karena jumlah energi yang diterima tanaman cukup untuk mendukung reaksi terang dan gelap. Penelitian menunjukkan bahwa stroberi yang ditanam di bawah intensitas cahaya penuh (100%) menghasilkan pertumbuhan dan hasil terbaik, dibandingkan dengan kondisi naungan 40% atau 70% (Kesumawati et al., 2012).

3) Cahaya Tinggi (Stres Cahaya)

Intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada

molekul klorofil melalui proses fotooksidasi, yang mengurangi efisiensi fotosintesis. Studi pada mesokarp kelapa sawit menunjukkan bahwa intensitas cahaya lebih dari 31,960 lux menyebabkan ketidakstabilan klorofil-a, sehingga efisiensi fotosintesis menurun (Sahertian et al., 2019).

b) Pengaruh Spektrum Cahaya

Fotosintesis adalah proses di mana tanaman mengonversi energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa. Proses ini sangat bergantung pada panjang gelombang cahaya yang diterima tanaman, yaitu spektrum cahaya antara 400–700 nm, yang dikenal sebagai radiasi fotosintetik aktif (PAR - Photosynthetically Active Radiation). Setiap spektrum cahaya memainkan peran tertentu dalam mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Mekanisme fotosintesis dan hubungannya dengan spektrum cahaya fotosintesis terjadi dalam dua tahap utama:

1) Reaksi Terang (Light-Dependent Reaction):

Terjadi di membran tilakoid kloroplas, energi dari cahaya digunakan untuk menghasilkan ATP dan NADPH, spektrum cahaya biru (430–450 nm) dan merah (640–680 nm) paling efisien untuk mendukung reaksi terang.

2) Reaksi Gelap (Siklus Calvin)

Terjadi di stroma kloroplas, ATP dan NADPH dari reaksi terang digunakan untuk mengubah karbon



dioksida menjadi glukosa, meskipun tidak memerlukan cahaya secara langsung, reaksi gelap sangat bergantung pada produk reaksi terang.

c) Pengaruh Durasi Cahaya

Durasi cahaya atau fotoperiode dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman, termasuk pembentukan daun, akar, dan umbi. Durasi cahaya yang berbeda-beda dapat menghasilkan hasil yang berbeda-beda pada tanaman yang berbeda. Beberapa pengaruh durasi cahaya pada pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut:

- 1) Cahaya yang berlebihan dapat merusak klorofil dan auksin, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman.
- 2) Cahaya yang berlebihan dapat merusak menyebabkan etiolasi, yaitu pertumbuhan yang cepat dikondisi gelap.
- 3) Cahaya terus menerus dapat menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman.
- 4) Semakin lama tanaman mendapatkan cahaya, semakin baik hasilnya, tetapi tidak selalu besar.

### KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya berperan penting dalam menentukan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Cahaya dengan intensitas optimal memungkinkan fotosintesis berjalan maksimal, menghasilkan energi yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, cahaya yang terlalu rendah membatasi aktivitas fotosintesis, sedangkan cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres cahaya dan

kerusakan klorofil. Selain itu, spektrum cahaya tertentu, seperti cahaya merah dan biru, memiliki pengaruh lebih besar terhadap efisiensi fotosintesis dibandingkan spektrum lainnya. Adaptasi tanaman terhadap kondisi cahaya juga menentukan keberhasilan proses fotosintesis dan pertumbuhan. Oleh karena itu, pemahaman tentang intensitas dan spektrum cahaya yang sesuai sangat penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman.

### DAFTAR PUSTAKA

- Apriyoza, W., Syamsurizal, S., & Anggrama, S. (2024). Pengaruh durasi paparan cahaya matahari terhadap kecepatan pertumbuhan awal tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*) varietas lokal Sumatera Barat. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 4(3), 186-193.
- Fitter, A. H., and Robert KM Hay. "Fisiologi lingkungan tanaman." (1998).
- Loveless, Arthur Raymond. "Principles of plant biology for the tropics." (No Title) (1983).
- Maftukhah, M., Sholikhah, N. I., & Fawaida, U. U. (2023). Pengaruh Cahaya Terhadap Proses Fotosintesis pada Tanaman Naungan Dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung. *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA dan Pendidikan MIPA*, 7(1), 51-55.
- Mahardika, I. Ketut, et al. "Pengaruh Intensitas Cahaya matahari terhadap proses perkecambahan kacang hijau pada media tanam kapas." *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 9.3 (2023): 312-316.
- Previansari, Dewi, Abdi Sukmono, and Hana Sugiastu Firdaus. "Analisis pengaruh relief dan arah sinar matahari terhadap kesesuaian lahan tembakau berbasis pemodelan geospasial 3-dimensi di gunung sindoro." *Jurnal Geodesi Undip* 9.1 (2019): 344-353.



- Taiz, Lincoln, and Eduardo Zeiger. "Plant physiology. ed." Sunderland, MA: Sinauer Associates (2010).
- Utomo, Budi. "Fotosintesis pada tumbuhan." (2007).
- Yustiningsih, M. (2019). Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar cahaya langsung. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 44-49.
- Zannah, H., Evie, R., Sudarti, S., & Trapsilo, P. (2023). Peran cahaya matahari dalam proses fotosintesis tumbuhan. *CERMIN: Jurnal Penelitian*, 7(1), 204-214.