

Pengaruh Cahaya terhadap Pertumbuhan *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. Melalui Mekanisme Etiolasi dan De-Etiolasi

Effect of Light on the Growth of Oryza sativa and Vigna sp. Through Etiolation and De-Etiolation Mechanisms

Devita Harijayanti*, Amanatun Nisa

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

*Corresponding author: harijayanti.devita@gmail.com

ABSTRAK

Cahaya merupakan faktor lingkungan penting yang memengaruhi fotomorfogenesis tumbuhan melalui dua mekanisme utama, yaitu etiolasi dan de-etiolasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh cahaya terhadap parameter pertumbuhan dan perkembangan kecambah *Oryza sativa* dan *Vigna* sp dengan membandingkan parameter morfologi dan fisiologi pada kondisi terang dan gelap. Kecambah *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. ditumbuhkan dalam kondisi terang dan gelap, masing-masing dengan 3 (tiga) ulangan. Parameter yang diamati meliputi panjang batang, panjang akar, panjang hipokotil, panjang epikotil, panjang daun, lebar daun dan jumlah stomata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecambah pada kondisi gelap mengalami etiolasi, yang ditandai oleh elongasi batang yang signifikan, daun berwarna pucat, dan morfologi tanaman yang rapuh. Sebaliknya, pada kondisi terang terjadi de-etiolasi, yang menghasilkan batang pendek, daun berwarna hijau, dan struktur tanaman yang lebih kokoh. Parameter kuantitatif meliputi rasio epikotil:hipokotil, panjang batang, panjang akar, serta tingkat aktivitas stomata. Rasio epikotil:hipokotil yang lebih tinggi pada kondisi gelap dibandingkan terang. Mekanisme fisiologi ini melibatkan aktivitas fitokrom, yang melalui bentuk aktif (Pfr) memediasi interaksi protein DELLA dengan faktor transkripsi PIFs, sehingga menghambat ekspresi gen pemanjangan sel. Aktivitas stomata lebih tinggi pada kondisi terang, yang mendukung optimalisasi pertukaran gas untuk fotosintesis.

Kata Kunci: Cahaya, Etiolasi, De-etiolasi, *Oryza sativa*, *Vigna* sp.

ABSTRACT

Light is an important environmental factor that influences plant photomorphogenesis through two main mechanisms: etiolation and de-etiolation. This study aimed to evaluate the effect of light on the growth and development parameters of *Oryza sativa* and *Vigna* sp. seedlings by comparing morphological and physiological characteristics under light and dark conditions. The seedlings of *Oryza sativa* and *Vigna* sp. were grown under both conditions with three replications. Observed parameters included stem length, root length, hypocotyl length, epicotyl length, leaf length, leaf width, and stomatal count. The results showed that seedlings grown in dark conditions underwent etiolation, characterized by significant stem elongation, pale leaves, and fragile morphology. In contrast, seedlings grown in light conditions exhibited de-etiolation, characterized by shorter stems, green leaves, and sturdier plant structures. Quantitative parameters such as epicotyl-to-hypocotyl ratio, stem and root lengths, and stomatal activity levels were also assessed. The results indicated a higher epicotyl-to-hypocotyl ratio in dark conditions compared to light condition. This physiological response involves phytochrome activity, in which the active form (Pfr) mediates the interaction between DELLA proteins and PIF transcription factors, thereby inhibiting the expression of cell elongation genes. Stomatal activity was higher under light conditions, supporting optimal gas exchange for photosynthesis.

Keywords: Light, Etiolation, De-etiolation, *Oryza sativa*, *Vigna* sp.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan proses yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, salah satunya adalah cahaya. Cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis, fotomorfogenesis, dan fotoperiodisme pada tumbuhan. Intensitas, kualitas, dan durasi cahaya dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap metabolisme, pertumbuhan, serta perkembangan tanaman (Taiz *et al.*, 2015). Cahaya akan menjadi *source* utamanya dalam proses fotosintesis. Namun dapat juga menjadi sink dan faktor pembatas jika ketersediaan cahaya di bawah batas minimal atau bahkan di atas batas maksimal kebutuhan suatu tanaman. Cahaya yang dibutuhkan tumbuhan tidak selalu sama pada setiap tanaman (Amarullah, 2021). Oleh karena itu, pemahaman tentang pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan tanaman menjadi krusial dalam mendukung produktivitas pertanian, khususnya pada tanaman pangan seperti padi (*Oryza sativa*) dan kacang-kacangan.

Padi dan kacang merupakan dua jenis tanaman yang memiliki nilai ekonomis dan strategis di sektor pertanian Indonesia. Padi (*Oryza sativa*) merupakan tanaman pokok penghasil beras yang menjadi sumber utama karbohidrat bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Sementara itu, tanaman kacang, seperti kacang hijau (*Vigna sp.*) atau kacang tanah (*Arachis hypogaea*), berperan sebagai sumber protein nabati yang penting (Diniyah & Lee, 2020). Keduanya memiliki respons fisiologis yang berbeda terhadap intensitas cahaya selama tahap perkecambahan dan pertumbuhan awal. Intensitas dan durasi cahaya yang tidak optimal dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan kedua tanaman tersebut.

Di Indonesia, variasi kondisi cahaya alami cukup beragam, bergantung pada lokasi geografis dan musim. Perubahan durasi siang dan malam serta fluktuasi intensitas cahaya

akibat tutupan awan dapat memengaruhi proses perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Kondisi ini semakin relevan di tengah perubahan iklim global yang turut berkontribusi pada variabilitas lingkungan tumbuh tanaman (Supriatna, 2018). Oleh karena itu, pemilihan metode budidaya yang mempertimbangkan faktor cahaya menjadi sangat penting untuk memastikan hasil produksi yang optimal. Selain itu, tanaman padi dan kacang memiliki perbedaan karakteristik pertumbuhan yang unik. Pada tahap perkecambahan, biji padi membutuhkan lingkungan yang mendukung proses imbibisi serta suhu dan cahaya yang memadai untuk memulai proses fisiologis (Suprpto, *et al.*, 2024). Sebaliknya, biji kacang menunjukkan respons yang lebih beragam terhadap cahaya, di mana beberapa varietas dapat berkecambah dengan baik dalam kondisi cahaya redup (Ashar, *et al.* 2024). Studi perbandingan antara kedua tanaman ini dapat memberikan wawasan baru terkait adaptasi spesifik tanaman terhadap cahaya.

Perbandingan antara padi (*Oryza sativa*) dan kacang hijau (*Vigna sp.*) dalam merespons cahaya menjadi penting karena keduanya mewakili dua kelompok fisiologis dan morfologis tanaman yang berbeda, yakni tanaman monokotil dan dikotil. Perbedaan struktur embrio, pola pertumbuhan awal, serta mekanisme adaptasi terhadap lingkungan menjadikan respon mereka terhadap faktor cahaya juga berpotensi berbeda (Taiz *et al.*, 2015). Padi, sebagai tanaman monokotil, memiliki sistem perakaran serabut dan pertumbuhan epikotil yang berbeda dibandingkan kacang hijau, yang sebagai tanaman dikotil memiliki akar tunggang dan hipokotil yang berkembang lebih dominan pada fase awal. Selain itu, kapasitas fotosintetik, efisiensi penyerapan cahaya, serta regulasi stomata antara jenis tanaman juga memiliki perbedaan (Lambers *et al.*, 2008). Sehubungan dengan hal tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut tentang keterkaitan antara intensitas

cahaya dan perubahan morfologi-fisiologi pada kedua jenis tanaman melalui pengamatan parameter-parameter pertumbuhan kecambah seperti panjang batang, panjang akar, panjang hipokotil, panjang epikotil, panjang dan lebar daun, serta parameter fisiologis berupa jumlah stomata.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan biji padi dan kacang, khususnya pada tahap perkecambahan dan fase awal pertumbuhan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan pemahaman mengenai pengaturan faktor lingkungan dalam produksi tanaman pangan serta menjadi dasar ilmiah untuk strategi budidaya yang lebih efektif dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan jumlah 3 ulangan untuk setiap jenis tanaman. Kecambah *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. yang ditanam pada kondisi gelap dan terang.



Gambar 1. Visualisasi morfologi tanaman yang mengalami etiolasi dan de-etiolasi.

Perbedaan hasil pada parameter perkecambahan *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. pada kondisi gelap dan terang mengindikasikan bahwa cahaya mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kecambah. Proses etiolasi dan de-etiolasi pada kecambah disebabkan oleh

Setiap kecambah dibersihkan dari tanah yang menempel dengan air. Pada masing-masing sampel dilakukan pengukuran panjang batang, panjang akar, panjang hipokotil, panjang epikotil, panjang daun dan lebar daun. Selanjutnya dilakukan pengukuran jumlah stomata daun: permukaan bawah daun pada masing-masing kecambah dioleskan dengan kuteks, ditunggu hingga kering. Kemudian lapisan kuteks diambil dan diletakkan pada gelas benda, ditetesi aquades. Selanjutnya dilakukan pengamatan pada mikroskop. Dihitung jumlah stomata yang terbuka dan tertutup dari 20 stomata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecambah tanaman *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. yang ditanam pada kondisi gelap dan terang menunjukkan fenotip yang berbeda (gambar 1). Kecambah pada kondisi gelap mengalami etiolasi dengan kondisi batang lemah, daun pucat dan kecil (tidak membentang) sedangkan pada kondisi terang mengalami de-etiolasi.



fitokrom yang akan mempengaruhi berbagai metabolisme kompleks pada proses perkecambahan (Kozuka, *et al.*, 2020). Pada kondisi gelap, fitokrom yang terdapat pada tanaman menerima cahaya merah jauh, sehingga bentuk Pfr terkonversi menjadi bentuk

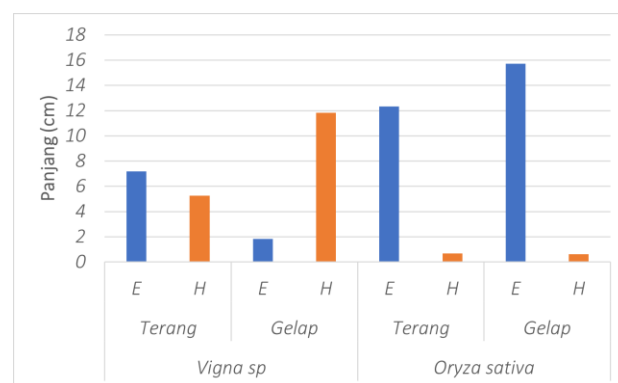
Pr. Terdapat *phytochrome-interacting factors* (PIFs) tersedia di dalam nukleus dan akan mengaktifkan gen-gen pengkode pemanjangan sel sehingga ekspresi gen-gen yang terlibat dalam pemanjangan akan meningkat (Cordeiro *et al.*, 2022 & Wang *et al.*, 2022). Selain itu inaktivasi bentuk Pfr ini menyebabkan protein DELLA tidak terinduksi dan jumlah menurun di dalam nukleus. Ketika jumlah protein DELLA menurun, maka PIFs akan berikatan dengan gen target (Xu & Zu, 2021). Terdapat beberapa homolog protein PIF, yaitu PIF 1,3,4,5. Keempat PIF tersebut berperan untuk menginduksi pertumbuhan etiolasi. PIF 3 berperan dalam regulasi negatif pada sinyal transduksi. Pada kondisi gelap, protein PIF akan diakumulasi dan secara langsung meregulasi gen untuk mempertahankan skotomorfogenesis (Li *et al.*, 2016 & Huang *et al.*, 2023).

Rasio Epikotil dan hipokotil

Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa rasio epikotil dan hipokotil pada kecambah yang tumbuh dalam kondisi gelap (mengalami etiolasi) lebih tinggi dibandingkan dengan kecambah yang tumbuh dalam kondisi terang (mengalami de-etiolasi). Hal ini dapat dilihat pada masing-masing tanaman. Pada *Oryza sativa*, rasio epikotil:hipokotil pada kondisi gelap adalah 15,73 : 0,63, sedangkan pada kondisi terang adalah 12,33 : 0,67. Sementara itu, pada *Vigna sp.*, rasio tersebut masing-masing adalah 1,83: 11,83 pada kondisi gelap dan 7,20: 5,27 pada kondisi terang (Gambar 2).

Proses perkecambahan tanaman sangat dipengaruhi oleh cahaya, khususnya pada fase awal pertumbuhan di mana terjadi pemanjangan hipokotil dan epikotil. Dalam kondisi gelap, pertumbuhan kecambah cenderung mengalami etiolasi, yaitu respon morfologis berupa pemanjangan berlebihan bagian batang (terutama hipokotil), warna pucat karena kurangnya klorofil, serta daun kotiledon yang belum berkembang sempurna. Sebaliknya, saat terkena cahaya, tanaman mengalami proses de-

etiolasi, yaitu perubahan fisiologis yang mencakup penghentian pemanjangan hipokotil, pembentukan klorofil, dan pembukaan kotiledon. De-etiolasi dipicu oleh persepsi cahaya melalui fitokrom dan kriptokrom, dua jenis fotoreseptor utama pada tumbuhan (Kami *et al.*, 2010). Hal ini sesuai dengan penelitian, yang diperoleh hasil bahwa pada *Vigna sp.*, epikotil tampak lebih panjang pada kondisi terang dibandingkan dengan kondisi gelap. Sebaliknya, hipokotil pada kondisi gelap jauh lebih panjang dibandingkan hipokotil pada kondisi terang. Perbedaan ini menunjukkan adanya proses de-etiolasi, yaitu perubahan fisiologis yang terjadi saat kecambah berpindah dari lingkungan gelap ke terang.



Gambar 2. Grafik rasio panjang epikotil dan hipotil pada *Oryza sativa* dan *Vigna sp.* E: epikotil, H: hipokotil.

Selama proses perkecambahan, hormon giberelin akan meningkat. Berdasarkan Kusnetsov *et al.*, (2022) giberelin (DELLA) dan brasinosteroid (BZR1/BES1) meningkatkan pertumbuhan etiolasi, sehingga tanaman yang mengalami etiolasi akan memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa rasio hipokotil : epikotil pada tanaman dengan kondisi gelap lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi terang. *Vigna sp.* merupakan biji dengan tipe perkecambahan epigeal yang dicirikan dengan kotiledon terangkat ke atas tanah, hipokotil tumbuh lurus mengangkat epikotil dan kotiledon, sehingga hipotil dan epikotil *Vigna sp.* dapat dibedakan dengan jelas (Avivi, *et al.*, 2021). Rasio hipokotil : epikotil

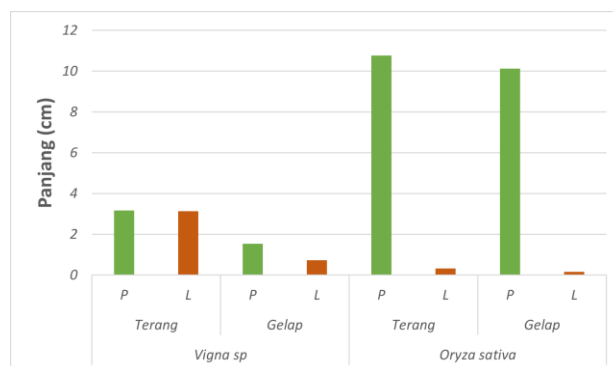
pada *Vigna* sp. pada kondisi terang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, sedangkan pada kondisi gelap hipokotil lebih panjang dibandingkan dengan epikotil. *Oryza sativa* memiliki tipe perkecambahan hipogeal, dicirikan dengan epikotil tumbuh memanjang di atas tanah, namun kotiledon tetap tertanam didalam tanah, sehingga hipokotil memiliki ukuran yang sangat kecil (Baltazar & De Datta, 2023). Hal ini sesuai dengan hasil yang menunjukkan bahwa, epikotil kecambah *Oryza sativa* memiliki ukuran yang berbeda nyata dibandingkan dengan hipokotil, baik pada kondisi terang maupun gelap dan epikotil pada kondisi gelap lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi terang.

Pada kondisi terang, hipokotil *Vigna* sp. lebih rendah dibandingkan dengan hipokotil kondisi gelap dan epikotil *Oryza sativa* lebih rendah dibandingkan epikotil kondisi gelap. Selain itu secara keseluruhan, panjang batang *Vigna* sp. dan *Oryza sativa* pada kondisi terang lebih rendah dibandingkan kondisi gelap (Gambar 2.2). Hal ini disebabkan oleh paparan cahaya merah yang mengkonversi Pr menjadi Pfr. Pfr aktif yang terdapat di sitoplasma menuju nukleus dan menginduksi protein DELLA. Li *et al* (2016) menyatakan jumlah protein DELLA yang meningkat akan berikatan dengan PIFs membentuk ikatan yang kompleks dan mencegah aktivasi gen-gen yang menstimulasi pemanjangan sel-sel pada tumbuhan sehingga terjadi de-etiolasi.

Panjang dan Lebar daun

Pengaruh etiolasi juga terlihat dari morfologi daun *Vigna* sp. dan *Oryza sativa*. Panjang dan lebar daun *Vigna* sp. dan *Oryza sativa* pada kondisi gelap memiliki ukuran yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi terang (Gambar 3). Panjang daun *Oryza sativa* pada kondisi terang tidak memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan kondisi gelap. Warna daun *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. pada kondisi terang menunjukkan warna hijau sedangkan pada kondisi gelap berwarna kekuningan. Pola perkembangan

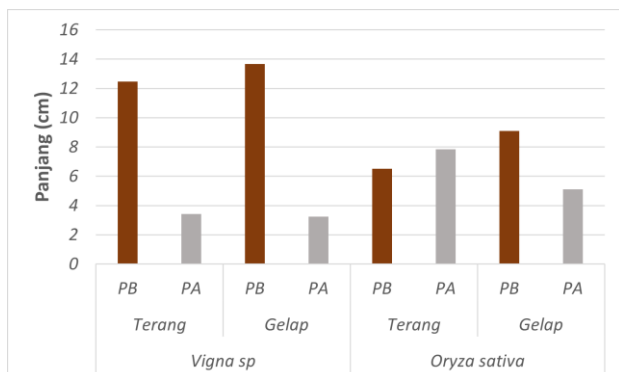
skotomorfogenesis pada kondisi etiolasi menunjukkan daun yang berwarna kuning pucat dan tidak membentang sempurna, serta memiliki ukuran yang lebih rendah dibandingkan dengan daun pada kondisi terang. Selain itu batang berwarna putih pucat dan lemah. Hal ini disebabkan pada kondisi gelap, proplastida akan berdiferensiasi menjadi etioplas, sedangkan pada kondisi terang, proplastida akan berdiferensiasi menjadi kloroplas, sehingga daun berwarna hijau dan membentang sempurna. Menurut Liebers *et al.* (2022) perkembangan etioplas menjadi kloroplas diregulasi oleh sinyal cahaya dan fotoreseptor. Etioplas tersusun atas *prolamellar bodies* (PLB) yang akan tersebar dan menginisiasi proses perkembangan kloroplas.



Gambar 3. Grafik morfologi daun *Oryza sativa* dan *Vigna* sp. P: panjang, L: daun

Panjang akar dan batang

Pengukuran panjang batang *Vigna* sp. menunjukkan hasil yang lebih tinggi pada perlakuan kondisi gelap dibandingkan kondisi terang, masing-masing 13,67 dan 12,47. Hasil ini juga diikuti oleh panjang batang *Oryza sativa* yang menunjukkan bahwa ukuran panjang batang lebih tinggi pada perlakuan kondisi gelap dibandingkan kondisi terang, masing-masing 9,10 dan 7,83. Sebaliknya hasil pengukuran panjang akar *Vigna* sp. dan *Oryza sativa* pada kondisi terang memiliki ukuran yang lebih panjang dibandingkan dengan kondisi gelap (Gambar 4), walaupun panjang akar *Vigna* sp. tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada kondisi gelap dan terang.

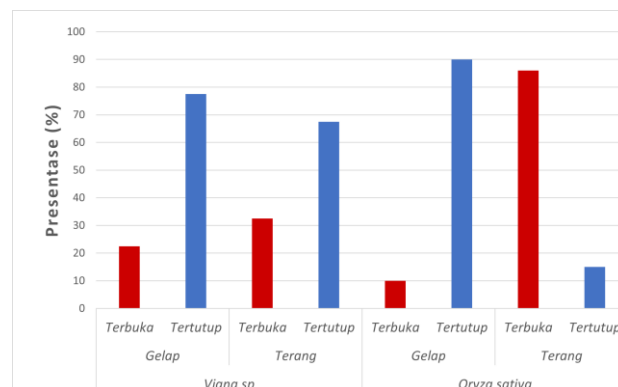


Gambar 4. Grafik panjang akar dan batang pada *Oryza sativa* dan *Vigna sp.* PB: panjang batang, PA: panjang akar

Morfologi batang *Vigna sp.* pada kondisi gelap menunjukkan adanya *apical hook*. *Apical hook* ini berfungsi sebagai pelindung jaringan meristem dari kerusakan mekanik selama perkecambahan. Menurut Abbas *et al.* (2013) dan Wang *et al.* (2023) *apical hook* terjadi pada benih dikotil yang sedang berkecambah dan berfungsi melindungi meristem apikal dan kotiledon dari kerusakan dalam rangka mencari cahaya. *Apical hook* ini terbentuk karena adanya ekspansi sel antara kedua sisi bagian atas hipokotil. Pada saat laju pembelahan sel sisi dalam lebih lambat dibandingkan sel bagian luar pada hipokotil, maka *apical hook* akan terbentuk. Sedangkan ketika laju pertumbuhan sel sisi dalam melebihi laju pembelahan sel sisi luar, maka hipokotil akan membuka dan memiliki struktur yang lurus. Selain itu terdapat keterlibatan hormon dalam proses ini yaitu auksin, giberelin dan etilen. Gradien hormon akan memicu diferensiasi *apical hook*. Hal ini juga didukung oleh An, *et al.* (2012) yang melakukan penelitian terkait gradien hormon giberelin dan etilen pada perkecambahan *Arabidopsis* dengan kondisi gelap. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa giberelin memicu pembentukan *apical hook* bersama dengan etilen dengan menginduksi ekspresi *HLS1* dengan menekan fungsi EIN3/EIL1.

Persentase stomata terbuka dan tertutup

Pengamatan stomata pada kedua jenis tanaman menunjukkan perbedaan yang signifikan antara stomata terbuka dan tertutup (Gambar 5 dan 6). Stomata *Vigna sp.* baik pada kondisi gelap maupun terang lebih banyak tertutup, masing-masing 77,5% (gelap) dan 67,5% (terang). Namun jika dilihat dari jumlah stomata terbuka maka stomata terbuka pada kondisi terang lebih tinggi dibandingkan kondisi gelap (32,5% dan 22,5%). Selanjutnya stomata terbuka *Oryza sativa* pada kondisi terang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi gelap, masing-masing 85 % dan 10%. Sebaliknya pada kondisi gelap, stomata lebih banyak tertutup. Parameter pengukuran diatas menunjukkan bahwa pada kondisi gelap tanaman mengalami etiolasi sedangkan pada kondisi terang tanaman mengalami de-etiolasi.



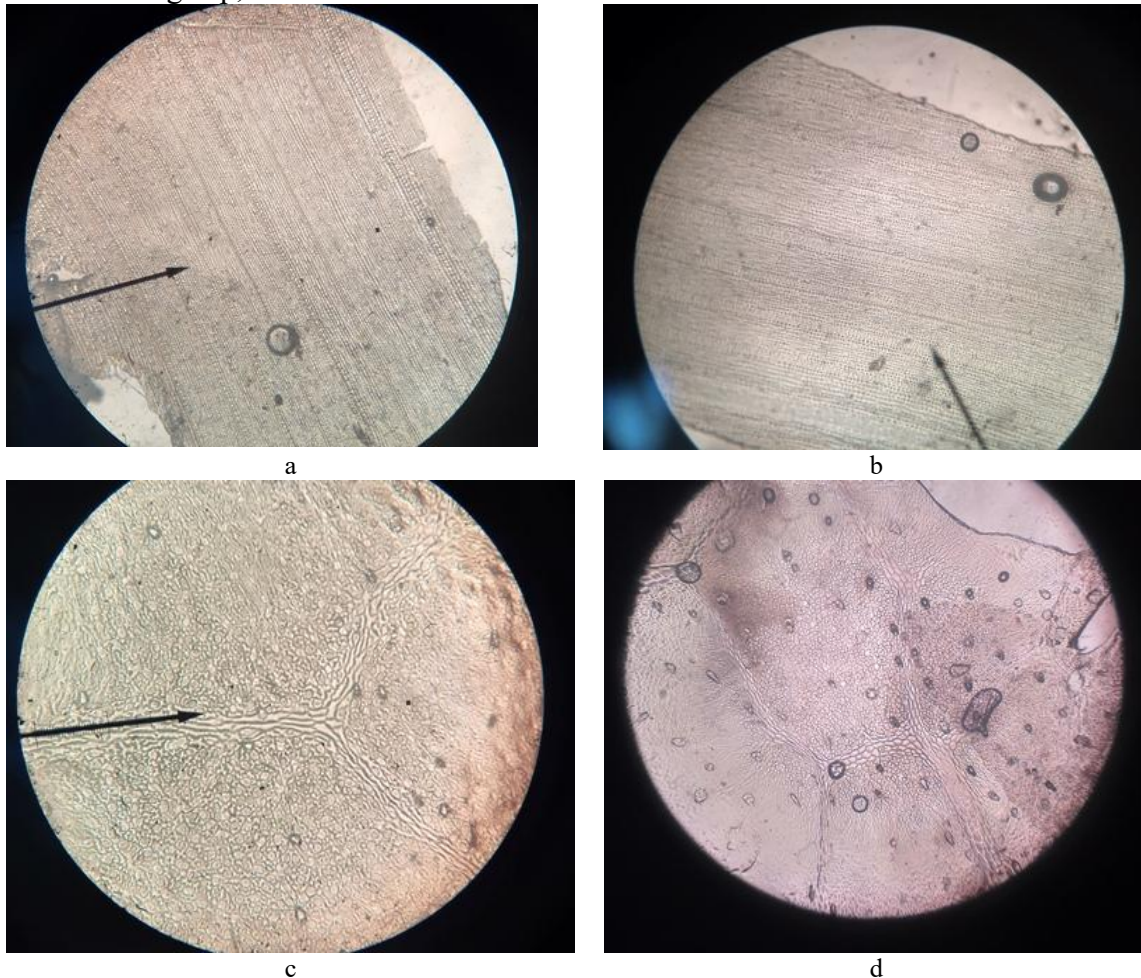
Gambar 5. Grafik persentase stomata terbuka dan tertutup pada *Oryza sativa* dan *Vigna sp.*

Proses membuka dan menutupnya stomata sangat dipengaruhi oleh cahaya. Sel penutup mengandung amilum, dimana konsentrasinya lebih tinggi pada malam hari daripada siang hari karena telah berubah menjadi glukosa (Santelia & Lunn, 2017). Adanya cahaya akan meningkatkan klorofil untuk fotosintesis sehingga kadar CO₂ dalam sel tersebut menurun (mereduksi menjadi CH₂O). Karena peristiwa reduksi ini, maka berkurangnya ion-ion H⁺, sehingga pH lingkungan menjadi basa. Kenaikan pH lingkungan memicu enzim fosforilase mengubah amilum menjadi glukosa-1-fosfat.

Terjadi kenaikan osmose air masuk dari sel tetangga ke sel penutup, bertambahnya volume menyebabkan perubahan tekanan turgor sehingga mengembanglah dinding sel tetangga dan stomata membuka.

Pada saat stomata membuka akan terjadi akumulasi kalium (K^+) pada sel penutup (pompa ion kalium). Menurut Andrés, *et al.* (2014), ion kalium ini berasal dari sel tetangga. Cahaya sangat berperan merangsang masuknya ion kalium ke sel penutup dan jika tanaman ditempatkan dalam gelap, maka ion kalium akan

kembali keluar sel penutup. ketika ion kalium masuk ke dalam sel penutup, sejumlah yang sama maka ion hidrogen (H^+) keluar, dimana ion hidrogen tersebut berasal dari asam-asam organik yang disintesis ke dalam sel penutup. Asam organik yang disintesis umumnya adalah asam malat, dimana ion-ion hidrogen terkandung didalamnya. Dikarenakan ion hidrogen diperoleh dari asam organik maka pH di sel penutup akan turun (akan menjadi sangat asam), jika H^+ tidak ditukar dengan K^+ yang masuk.



Gambar 6. Visualisasi stomata (a) *Oryza sativa* de-etiolasi, (b) *Oryza sativa* de-etiolasi, (c) *Vigna* sp. de-etiolasi dan (d) *Vigna* sp. etiolasi (perbesaran 40x)

Proses etiolasi juga mempengaruhi jumlah stomata terbuka dan tertutup pada daun. Pada kondisi de-etiolasi stomata *Oryza sativa* lebih banyak terbuka dibandingkan etiolasi dan pada *Vigna* sp. stomata pada kondisi etiolasi maupun de-etiolasi lebih banyak tertutup

namun stomata tertutup lebih tinggi terdapat pada *Vigna* sp. yang mengalami etiolasi. Stomata berkaitan dengan dengan proses transpirasi dan fotosintesis. Pada kondisi terang stomata lebih banyak terbuka disebabkan adanya pertukaran CO_2 dan O_2 . Hal ini

didukung oleh penelitian Costa *et al.* (2014) bahwa stomata pada kondisi gelap memiliki pembukaan stomata yang rendah dibandingkan dengan paparan cahaya pada *Arabidopsis thaliana*.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa cahaya memengaruhi pertumbuhan awal *Oryza sativa* dan *Vigna sp.* melalui mekanisme etiolasi dan de-etiolasi. Tanaman yang tumbuh di tempat gelap mengalami etiolasi, ditandai dengan peningkatan panjang batang serta rasio hipokotil dan epikotil yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh di tempat terang. Meskipun parameter tersebut lebih tinggi, struktur tanaman cenderung lemah, daun pucat, dan kurang sehat. Sebaliknya, pada kondisi terang terjadi de-etiolasi, dengan pertumbuhan yang lebih seimbang, daun lebih hijau, dan struktur tanaman yang lebih kokoh. Hasil ini menunjukkan bahwa pencahayaan optimal penting untuk mendukung pertumbuhan morfologi dan fisiologi tanaman yang sehat pada tahap awal perkembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarullah. (2021). *Sink Source Relationship Dalam Tanaman*. Syiah Kuala University Press: Banda Aceh.
- Ashar, J. R., Farhanah, A., Haris, A., Tuhuteru, S., Pangestuti, R., Utami, E. P., & Dewi, S. M. (2024). *Ilmu dan Teknologi Benih*. Tohar Media: Makasar.
- Andrés, Z., Pérez-Hormaeche, J., Leidi, E. O., Schlücking, K., Steinhorst, L., McLachlan, D. H., Schumacher, K., Hetherington, A. M., Kudla, J., Cubero, B., & Pardo, J. M. (2014). Control of Vacuolar Dynamics and Regulation of Stomatal Aperture by Tonoplast Potassium Uptake. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), E1806-E1814.
- An, Fengyin, Xing Zhang, Ziqiang Zhu, Yusi Ji, Wenrong He, Zhiqiang Jiang, Mingzhe Li, & Hongwei Guo. (2012). Coordinated Regulation of Apical Hook Development by Gibberellins and Ethylene in Etiolated Arabidopsis Seedlings. *Cell Research*. 1–13.
- Avivi, S., Munandar, D. E., Suandana, F. H., Soares, M. S., Al Ramadhani, F. M., Hariyanto, D. N., Rimalkahfi, A. Z. A., Farlisa, V. Y., Maulidia, Z. R. A., Wibisono, V. B., Munir, M. S., & Rohman, I. R. (2021). *Fisiologi & Metabolisme Benih*. Universitas Jember: Jember.
- Baltazar, A. M. & De Datta, S. K. (2023). *Weed Science and Weed Management in Rice and Cereal-Based Cropping System, 2 Volumes*. John Wiley & Sons Ltd.: USA.
- Cordeiro, A. M., Andrade, L., Monteiro, C. C., Leitão, G., Wigge, P. A., & Saibo, N. J. (2022). Phytochrome-Interacting Factors: A Promising Tool To Improve Crop Productivity. *Journal of Experimental Botany*, 73(12), 3881-3897.
- Costa, Miguel, Nathalie Leonhardt, Fabien Monnet & Brigitte Ksas. (2014). Open All Night Long: the Dark Side of Stomatal Control. *Plant Physiology*. 167, 289 – 294.
- Diniyah, N. & Lee, S. H. (2020). Komposisi Senyawa Fenol dan Potensi Antioksidan dari Kacang-Kacangan. *Jurnal Agroteknologi*. 14 (01), 91–102.
- Huang, X., Tian, H., Park, J., Oh, D. H., Hu, J., Zentella, R., Qiao, H., Dassanayake, M., & Sun, T. (2023) The Master Growth Regulator DELLA Binding to Histone H2A is Essential for DELLA-Mediated Global Transcription Regulation. *Nature Plants*. 9(2023): 1291 – 1305.
- Kami, C., Lorrain, S., Hornitschek, P., & Fankhauser, C. (2010). Light-regulated Plant Growth and Development. *Current Topics in Developmental Biology*, 91, 29–66.
- Kozuka, T., Sawada, Y., Imai, H., Kanai, M., Hirai, M. Y., Mano, S., Uemura, M., Nishimura, M., Kusaba, M., & Nagatani, A. (2020). Regulation of Sugar and

- Storage Oil Metabolism by Phytochrome During De-Etiolation. *Plant Physiology*. 182(2): 1114 – 1129.
- Kusnetsov, V. V., Doroshenko, A. S., Kudryakova, N. V. (2020) Role of Phytohormones and Light in De-etiolation. *Russ J Plant Physiol*. 67(2020), 971–984.
- Lambers, H., Chapin III, F. S., & Pons, T. L. 2008. *Plant Physiological Ecology: Second Edition*. United Kingdom: Springer
- Li, K., Yu, R., Fan, L. M. Wei, N., Chen, H., & Deng, X. W. (2016). DELLA-mediated PIF degradation contributes to coordination of light and gibberellin signalling in *Arabidopsis*. *Nature Communications* 7 (11868).
- Li, M., Cozzi, C., Uecker, F., Chambon, L., Blanvillain, R., & Pfannschmidt, T. (2022). Biogenic signals from plastids and their role in chloroplast development. *Journal of Experimental Botany*. 73(21),7105 – 7125.
- Santelia, D., & Lunn, J. E. (2017) Transitory Starch Metabolism In Guard Cells: Unique Features For A Unique Function. *Plant Physiology*, 174(2),539–549.
- Suprpto, A., Nurliana, S., Ananto, Mahdalena, Wati, A., Agustina, R., Sari, S. P., & Fuskhah, E. (2024). *Dasar Budidaya Tanaman*. Yayasan Cendikia Mulia Mandiri: Batam.
- Supriatna, Jatna. (2018). *Konservasi Biodiversitas: Teori dan Praktik di Indonesia*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia. Jakarta.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. and Murphy, A. (2015) *Plant Physiology and Development*. 6th Ed, Sinauer Associates, Sunderland, CT.
- Wang, P., Abid, M. A., Qanmber, G., Askari, M., Zhou, L., Song, Y., Liang, C., Meng, Z., Malik, W., Wei, Y., Wang, Y., Cheng, H., & Zhang, R. (2022). Photomorphogenesis in plants: The central role of phytochrome interacting factors (PIFs). *Environmental and Experimental Botany*, 194, 104704.
- Wang, Y., Peng, Y., & Guo, H. (2023). To Curve for Survival: Apical Hook Development. *Journal of Integratif Plant Biology*. 65(2), 324 – 342.
- Xu, Y., & Zhu, Z. (2021). PIF4 and PIF4-Interacting Proteins: At the Nexus of Plant Light, Temperature and Hormone Signal Integrations. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(19),10304.