



Pro-life

Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, dan Ilmu Serumpun
<https://ejournal.uki.ac.id/index.php/prolife>

Perbedaan Struktur Morfologi, Anatomi, Fisiologi, dan Kandungan Fitokimia Daun Aur-Aur (*Commelina Diffusa*) pada Intensitas Cahaya Berbeda di Embung Leuwi Padjadjaran

Seviana Esti Handayani^{1*}, Rusdi Hasan², Asep Zainal Mutaqin³

^{1,2,3} Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

*Corresponding author: seviana21001@mail.unpad.ac.id

Article History

Received : 14 March 2025

Approved : 25 March 2025

Published : 30 March 2025

Keywords

C. diffusa, light intensities, plant adaptation, secondary metabolites.

ABSTRACT

Commelina diffusa (family Commelinaceae) contains various secondary metabolites with potential antimicrobial and antioxidant properties. The production of these compounds is influenced by environmental factors, exceptionally light intensity, which also plays a role in determining the plant's morphological and anatomical characteristics. This study aims to analyze differences in leaf morphology, stomatal anatomical structure, chlorophyll content, and phytochemical compounds in *C. diffusa* leaves growing in two locations with different light conditions at Embung Leuwi Padjadjaran, Sumedang. A descriptive method was used to examine leaf morphology, stomatal anatomy, chlorophyll content, and phytochemical compounds of *C. diffusa* in shaded and unshaded locations. The results showed that leaf morphology was relatively similar in both locations, but the leaf surface area was more significant in unshaded conditions (8,33 cm²). The stomata were hexacytic type with higher stomatal density in the shaded condition (591,082 cell/mm²) and a higher chlorophyll content (37,73 CCI). The result of Phytochemical analysis confirmed the presence of alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, and quinones, which were relatively higher in unshaded conditions.

© 2025 Universitas Kristen Indonesia
Under the license CC BY-SA 4.0

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah, mencakup sekitar 30-40% spesies tumbuhan di Asia dan 10% spesies tumbuhan di dunia (Cahyaningsih *et al.*, 2021). Keanekaragaman tersebut

meliputi berbagai jenis tumbuhan yang memiliki nilai ekologis, ekonomi, dan farmakologis, termasuk tanaman gulma yang kerap dianggap sebagai pengganggu dalam sistem pertanian. Namun, beberapa jenis gulma memiliki potensi yang belum

sepenuhnya dieksplorasi. Salah satu contohnya adalah tanaman Aur-aur (*Commelina diffusa*).

C. diffusa merupakan tanaman gulma dari famili Commelinaceae yang memiliki persebaran luas di daerah tropis dan beberapa wilayah subtropis. Tanaman ini sering ditemukan di lahan pertanian, tepi sungai, rawa, serta daerah lembap lainnya. Kemampuannya untuk berkembang biak dengan cepat baik secara generatif maupun vegetatif menjadikannya spesies tanaman yang adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan (Ferreira *et al.*, 2016; Rahman *et al.*, 2021). Salah satu lokasi tanaman ini ditemukan dalam jumlah yang cukup melimpah adalah di sekitar Embung Leuwi Padjadjaran, Universitas Padjadjaran, Indonesia. Embung Leuwi Padjadjaran merupakan salah satu ekosistem perairan buatan yang berfungsi sebagai cadangan air, pengendali banjir, dan sumber air bagi pertanian sekitar. Ekosistem yang bervariasi di embung ini menciptakan perbedaan intensitas cahaya di berbagai lokasi, yang memungkinkan adanya perbedaan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, termasuk *C. diffusa*.

Meskipun dikenal sebagai gulma, *C. diffusa* memiliki berbagai manfaat, terutama dalam pengobatan tradisional. Berbagai budaya di Asia, Afrika, dan Amerika Latin telah lama memanfaatkan tanaman ini sebagai penurun panas, diuretik, penawar

racun, serta untuk pengobatan gangguan mata (Nasrin *et al.*, 2019). Dalam pengobatan tradisional Tiongkok, daun *C. diffusa* digunakan untuk menyembuhkan pembengkakan abses, luka bakar, gigitan ular, atau sengatan serangga. Daun muda tanaman ini bahkan dikonsumsi di Nugini (Prima *et al.*, 2019). Selain itu, dalam praktik pengobatan tradisional India, ekstrak *C. diffusa* digunakan untuk meredakan nyeri sendi, infeksi kulit, dan mempercepat penyembuhan luka (Kamble, 2019).

C. diffusa diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi dalam bidang kesehatan. Penelitian yang dilakukan Ekeke & Ogazie (2018) dan Yahiya *et al.* (2024) menunjukkan bahwa ekstrak daun *C. diffusa* mengandung berbagai senyawa fitokimia seperti flavonoid, alkaloid, asam fenolik, dan glikosida yang berpotensi sebagai agen antimikroba dan antioksidan, dengan ekstrak metanol daun *C. diffusa* diketahui mampu menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* ATCC25922 dan *S. aureus* ATCC25923. Selain itu, beberapa penelitian lain juga menunjukkan bahwa *C. diffusa* memiliki potensi sebagai agen antiinflamasi, antikanker, dan hepatoprotektif yang berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan baku dalam industri farmasi (Liu *et al.*, 2022; Serges *et al.*, 2020).

Cahaya merupakan salah satu faktor utama yang berperan penting dalam

mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Cahaya tidak hanya berperan dalam proses fotosintesis, tetapi juga mempengaruhi berbagai aspek fisiologis dan morfologi tanaman (Mohamed *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2022). Faktor-faktor cahaya seperti intensitas, kualitas, serta durasi pencahayaan menjadi penentu utama dalam distribusi geografis tumbuhan dan adaptasi morfo-fisiologisnya (Lanoue *et al.*, 2018). Intensitas cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, morfologi, anatomi, proses metabolisme, transduksi sinyal, serta fotosintesis sebagai mekanisme adaptasi dan perlindungan (Fan *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan Hashim *et al.* (2021) menunjukkan intensitas cahaya yang berbeda dapat merangsang produksi berbagai metabolit sekunder seperti alkaloid (vinblastin), fenolik (asam p-kumarat), flavonoid (kuersetin), serta terpenoid (artemisinin) yang berperan sebagai perlindungan terhadap herbivora, patogen, dan tekanan lingkungan.

Sebagai organ utama fotosintesis, daun mengalami perubahan morfologi dan anatomi sebagai respons terhadap variasi intensitas cahaya. Parameter yang terpengaruh antara lain ukuran (panjang dan lebar) daun, jumlah stomata, serta struktur jaringan mesofil, palisade, dan spons (Tan *et al.*, 2022). Ketika berada di bawah naungan, tanaman cenderung mengalami

pemanjangan batang dan tangkai daun untuk mencapai sumber cahaya yang lebih baik. Bentuk adaptasi ini mengakibatkan pengalihan sumber daya karbon yang seharusnya digunakan untuk pertumbuhan lainnya seperti penguatan jaringan daun (Raza *et al.*, 2019). Daun yang tumbuh pada daerah dengan intensitas cahaya berbeda umumnya memiliki stomata yang lebih sedikit dan lapisan palisade yang lebih tipis, yang berdampak pada efisiensi fotosintesis dan regulasi metabolisme lainnya (Sigalingging & Ritonga, 2024). Selain itu, rasio klorofil a terhadap klorofil b juga dapat berubah bergantung pada kondisi pencahayaan yang diterima, dengan tanaman yang tumbuh pada kondisi pencahayaan yang rendah cenderung memiliki peningkatan kadar klorofil b untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya (Beneragama & Goto, 2011).

Pemahaman mengenai respon morfologi, anatomi, fisiologi, dan kandungan metabolit sekunder *C. diffusa* terhadap variasi intensitas cahaya masih terbatas. Tanaman ini sering ditemukan di berbagai habitat dengan kondisi pencahayaan yang berbeda-beda. Adaptasi *C. diffusa* terhadap kondisi cahaya tentunya akan berimplikasi pada komposisi metabolit sekundernya. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perbedaan intensitas cahaya terhadap morfologi, anatomi, fisiologi, dan

kandungan senyawa metabolit sekunder pada daun tanaman aur-aur (*C. diffusa*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih lanjut mengenai peran faktor lingkungan dalam mempengaruhi morfologi, anatomi stomata, serta komposisi fitokimia tanaman serta mendukung eksplorasi lebih lanjut terhadap potensi farmakologis yang dimilikinya.

METODE PENELITIAN

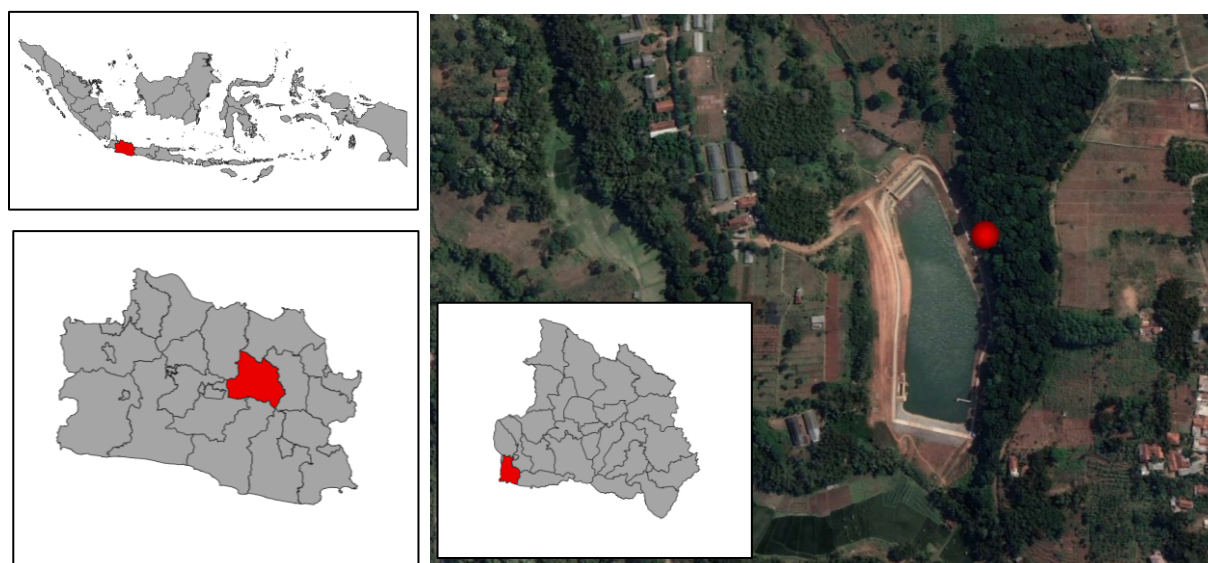
Metode

Penelitian ini menggunakan metode observasional komparatif untuk menganalisis perbedaan karakter morfologi, anatomi stomata, kadar klorofil, dan kandungan fitokimia *C. diffusa* pada dua kondisi dengan intensitas cahaya berbeda. Sampel daun didapatkan dari dua tempat dengan kondisi lingkungan berbeda, yaitu tempat terbuka yang terpapar sinar matahari

langsung dan tempat ternaungi maupun tertutup yang tidak terpapar sinar matahari langsung. Masing-masing analisis dibuat pengulangan sebanyak 3 kali pada setiap kondisi untuk memastikan validitas data. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan secara literatur untuk menginterpretasikan hasil serta memahami keterkaitan antara intensitas cahaya dengan variasi karakteristik fisiologis dan biokimia *C. diffusa*.

Waktu dan Tempat Penelitian

Pengamatan karakteristik morfologi daun *C. diffusa* dilaksanakan di Embung Leuwi Padjadjaran (Talaga Jati Taruna), Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Penelitian berlangsung selama 1 minggu dari pengambilan sampel pada rentang waktu bulan Oktober-November 2023. Lokasi pengambilan sampel disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi, gelas ukur, neraca analitik, mortar dan alu, spatula, pipet tetes, penangas air, mikroskop, kaca *slide*, plat tetes, *multiparameter checker*, *chlorophyll meter*, barometer, dan mikrometer sekrup digital. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, alkohol 70%, kertas saring, amoniak 5%, reagen Dragendorff, H₂SO₄ 2N, bubuk magnesium (Mg), HCl 2N, kloroform, FeCl₃ 1%, NaOH 1N, dan cat kuku bening.

Analisis Morfologi dan Anatomi

Sampel daun diambil dari setiap cabang pertama tumbuhan *C. diffusa* dan disimpan dalam plastik *ziplock* yang berbeda untuk menganalisis morfologi daun. Morfometri daun diukur dengan meletakkan daun di atas kertas milimeter blok, kemudian dipotong sesuai bentuknya. Hasil gunting ditimbang dan dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Luas Daun (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Berat kertas replika daun (g)}}{\text{Berat kertas standar (g)}} \times \text{Luas kertas standar (1cm}^2\text{)}$$

Pengukuran morfometri stomata dilakukan dengan membersihkan sampel daun dari kotoran. Kemudian, permukaan bawah daun dilapisi dengan cat kuku bening dan dibiarkan 10-15 menit hingga mengering. Bagian yang terlapisi cat kuku kemudian diberi selotip bening dan dicabut perlahan hingga cat kuku terangkat. Selotip ditempelkan pada kaca objek dan diamati di

bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 100x. Stomata diidentifikasi bentuk stomata serta kerapatannya dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kerapatan Stomata (sel/mm}^2\text{)} = \frac{\text{Jumlah stomata (sel)}}{\text{Luas bidang pandang stomata (mm}^2\text{)}}$$

Analisis Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan dengan mencampurkan sampel dan ekstrak etanol *C. diffusa* dengan berbagai pereaksi untuk menguji keberadaan alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan kuinon dengan metode penelitian yang dilakukan Rajkumar *et al.* (2022) dan Sutomo *et al.* (2022).

Uji Alkaloid

Uji alkaloid dilakukan dengan mencampurkan sampel basah dengan 5 ml kloroform dan 5 ml amoniak kemudian dipanaskan. Kemudian, sampel disaring dan ditambahkan 5 tetes H₂SO₄ 2N. Bagian atas filtrat diambil dan diberi 1-2 tetes reagen Dragendorff. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya endapan merah hingga kuning kecoklatan.

Uji Flavonoid

Uji flavonoid dilakukan dengan mencampurkan ekstrak etanol sampel dari hasil pemanasan dengan 5 ml kloroform dan 5 ml akuades. Setelah terbentuk 2 lapisan, bagian atas filtrat diambil dan ditambahkan bubuk magnesium dan 1 ml HCl 2N. Hasil positif ditandai dengan pembentukan warna merah, kuning, atau oranye.

Uji Saponin

Uji saponin dilakukan dengan mencampurkan ekstrak etanol sampel dengan 1 ml akuades dan dikocok selama 10 detik. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya busa selama 10 menit dengan tinggi 1-10 cm.

Uji Tanin

Uji tanin dilakukan dengan mencampurkan ekstrak etanol sampel dengan 2-3 tetes FeCl_3 1%. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya warna biru kehitaman atau hijau kehitaman.

Uji Kuinon

Uji kuinon dilakukan dengan mencampurkan 1 g sampel kering dengan 10 ml air panas selama 5 menit, lalu disaring dengan kertas saring. Sebanyak 5 ml ekstrak kemudian ditambahkan 3 tetes NaOH 2N. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya perubahan warna menjadi merah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Lingkungan

Beberapa parameter lingkungan di sekitar tempat tumbuh *C. diffusa* menunjukkan variasi yang signifikan antara

lokasi ternaungi dan tidak ternaungi (**Tabel 1**). Perbedaan ini dapat mempengaruhi ketersediaan sumber daya bagi *C. diffusa*.

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa pH tanah pada lokasi ternaungi adalah 4,8, sedangkan pada lokasi tidak ternaungi adalah 4,2. Menurut penelitian Irakiza *et al.* (2022), *C. diffusa* dapat hidup pada kisaran pH 5,8 – 8. Faktor utama yang mempengaruhi pH adalah komposisi mineral, dominasi ion seperti H^+ , OH^- , dan Al^{3+} serta proses pelapukan batuan yang terjadi di area tersebut (Prabowo & Subantoro, 2018).

Tingkat keasaman tanah yang lebih tinggi di area tidak ternaungi disebabkan oleh laju dekomposisi bahan organik yang meningkat akibat paparan sinar matahari yang lebih intens, sehingga melepaskan lebih banyak asam organik. Selain itu, kerapatan tajuk tanaman turut memengaruhi perbedaan pH tanah. Tajuk yang lebih longgar memungkinkan air hujan lebih mudah membawa unsur hara ke dalam tanah, yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat keasaman tanah (Andika *et al.*, 2017).

Tabel 1. Parameter Lingkungan Habitat *C. diffusa* di Embung Leuwi Padjadjaran

No.	Parameter Lingkungan	Lokasi Ternaungi	Lokasi Tidak Ternaungi
1.	pH tanah	4,8	4,2
2.	Nitrogen tanah	4	3
3.	Fosfor tanah	4	5
4.	Kalium tanah	4	14
5.	Kelembaban udara (%)	29	23
6.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	34,5	36,1
7.	Intensitas cahaya (lux)	1.497	52.900
8.	Tekanan udara (hPa)	917,1	917,1

Hasil pengukuran kadar unsur hara menunjukkan variasi kadar nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang berbeda antara lokasi pengamatan. Pada lokasi ternaungi, kadar N, P, dan K berturut-turut adalah 4, 4, dan 4, sementara pada lokasi tidak ternaungi kadar N lebih rendah (3), P lebih tinggi (5), dan K jauh lebih tinggi (14). Faktor lingkungan seperti intensitas cahaya dan curah hujan mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah, dengan kandungan N yang lebih rendah di lokasi tidak ternaungi dapat disebabkan oleh peningkatan laju mineralisasi dan pencucian nitrogen akibat tingginya curah hujan. Sementara itu, tingginya kadar kalium pada lokasi tidak ternaungi diduga berkaitan dengan peningkatan pelapukan mineral tanah yang kaya akan kalium serta peran mikroorganisme dalam proses pelapukan (Andika *et al.*, 2017; Dewi *et al.*, 2021).

Pengukuran kelembaban udara menunjukkan bahwa lokasi ternaungi memiliki kelembaban yang relatif lebih tinggi (29%) dibandingkan dengan lokasi tidak ternaungi (23%). Menurut Sari *et al.* (2020), kelembaban udara dipengaruhi oleh enam faktor utama, yaitu suhu, kualitas dan kuantitas penyinaran, pergerakan angin, tekanan udara, vegetasi, serta ketersediaan air tanah. Kondisi yang lebih teduh di lokasi ternaungi menyebabkan laju transpirasi tanaman lebih rendah, sehingga

meningkatkan kelembaban udara di sekitarnya.

Suhu udara juga menunjukkan variasi antara kedua lokasi, dengan suhu pada lokasi ternaungi mencapai 34,5°C sedangkan pada lokasi tidak ternaungi lebih tinggi, mencapai 36,1°C. Perbedaan suhu ini berdampak langsung terhadap proses metabolisme tanaman, termasuk biosintesis senyawa fenolik yang berfungsi sebagai respon perlindungan terhadap cekaman lingkungan (Cawood *et al.*, 2018). Suhu yang lebih tinggi pada lokasi tidak ternaungi disebabkan oleh paparan sinar matahari yang lebih besar serta aliran udara yang lebih bebas (Hamidy *et al.*, 2021).

Hasil pengukuran intensitas cahaya pada lokasi ternaungi tercatat sebesar 1.497 lux, sedangkan pada lokasi tidak ternaungi mencapai 52.900 lux. Cahaya merupakan faktor utama dalam fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, yang tidak hanya menentukan produksi biomassa tetapi juga mempengaruhi morfologi tanaman secara keseluruhan (Kusman *et al.*, 2022). Cahaya matahari sebagai sumber utama energi diserap oleh daun dalam jumlah sekitar 1–5%, sementara sisanya dipantulkan atau dilepaskan ke udara melalui transpirasi (Yustiningsih, 2019). Tanaman *C. diffusa* yang terpapar cahaya sinar matahari lebih tinggi cenderung tumbuh lebih tinggi dan memiliki sistem perakaran yang lebih kuat

untuk mendukung kebutuhan transpirasi yang lebih besar (Riar *et al.*, 2016).

Parameter lingkungan terakhir yang diukur adalah tekanan udara, yang menunjukkan nilai konstan sebesar 917,1 hPa di kedua lokasi penelitian. Tekanan udara dapat mempengaruhi beberapa aspek pada tanaman seperti pertumbuhan tanaman, toleransi terhadap herbisida, serta distribusi fitokimia dalam jaringan tanaman. Faktor ini berperan dalam menentukan konsentrasi senyawa bioaktif seperti alkaloid dan flavonoid dalam *C. diffusa* (Freitas *et al.*, 2018; Vijay *et al.*, 2023). Tanaman dapat hidup pada tekanan udara berkisar 330 hingga 970 hPa dengan tekanan optimal pada 900 hPa.

Analisis Morfologi dan Anatomi

Karakteristik Morfologi dan Anatomi Daun

Hasil pengamatan morfologi daun *C. diffusa* yang tertera pada **Tabel 2.** menunjukkan karakteristik daun yaitu margin daun rata (*entire*), ujung daun runcing (*acute*), bentuk umum daun lanset (*lanceolate*), pangkal daun menjantung (*cordate*), dan venasi daun sejajar (*parallel*). Selain itu, luas dan ketebalan daun yang tertera pada **Tabel 3.** menunjukkan variasi

yang bergantung pada kondisi pencahayaan. Daun *C. diffusa* pada lokasi ternaungi memiliki luas daun rata-rata 7,33 cm² dengan ketebalan 0,380 mm, sedangkan pada lokasi tidak ternaungi memiliki luas daun yang lebih besar (8,33 cm²) dan sedikit lebih tebal (0,383 mm). Hal ini sesuai dengan penelitian Rahman *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa daun *C. diffusa* memiliki morfologi daun berbentuk linear hingga lonjong lanset, berujung runcing, pelepah yang menonjol dan melingkari batang, serta ukuran daun yang dapat bervariasi antara 2,5 hingga 15 cm².

Perbedaan morfologi terlihat pada warna daun, di mana sampel dari lokasi dengan intensitas cahaya tinggi berwarna lebih terang, seiring dengan kandungan klorofil yang cenderung lebih tinggi pada tanaman di lokasi bercahaya rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Juhaeti *et al.* (2020) yang menemukan bahwa kadar klorofil pada *Coix lacryma-jobi* mengalami pengurangan seiring dengan peningkatan intensitas cahaya. Penelitian oleh Wang, (2014) juga menemukan bahwa klorofil mengalami penurunan apabila intensitas cahaya terlalu tinggi.

Tabel 2. Karakteristik Morfologi Daun *C. diffusa* yang Tumbuh di Embung Leuwi Padjadjaran

No.	Karakteristik	Ternaungi	Tidak Ternaungi
1.	Margin daun	<i>Entire</i>	<i>Entire</i>
2.	Ujung daun	<i>Acute</i>	<i>Acute</i>
3.	Bentuk umum daun	<i>Lanceolate</i>	<i>Lanceolate</i>
4.	Pangkal daun	<i>Cordate</i>	<i>Cordate</i>
5.	Venasi daun	<i>Parallel</i>	<i>Parallel</i>

Tabel 3. Luas dan Tebal Daun *C. diffusa* yang Tumbuh di Embung Leuwi Padjadjaran

No.	Data Pengamatan	Ternaungi	Tidak Ternaungi
1.	Rata-rata Berat Kertas Replika daun (g)	0,22	0,25
2.	Berat kertas standar (g)	0,03	0,03
3.	Luas permukaan daun (cm ²)	7,33	8,33
4.	Rata-rata ketebalan daun (mm)	0,380	0,383*

Tabel 4. Kerapatan Stomata Daun *C. diffusa* yang Tumbuh di Embung Leuwi Padjadjaran

No.	Data Pengamatan	Ternaungi	Tidak Ternaungi
1.	Jumlah stomata	116	105
2.	Luas bidang pandang (mm ²)	0,19625	0,19625
3.	Kerapatan stomata (sel/mm ²)	591,082*	535,031
4.	Tipe stomata	Heksasitik	Heksasitik

Ketebalan daun yang berbeda pada kedua tempat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima. Tanaman di bawah naungan memiliki fotosintat yang lebih terbatas, sehingga tanaman akan memaksimalkan luas daun dalam meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya untuk fotosintesis dan daun menjadi lebih tipis. Sebaliknya, tanaman di lokasi dengan intensitas cahaya tinggi memiliki daun yang lebih tebal, yang berfungsi untuk melindungi kloroplas dari radiasi berlebih dan mengurangi kehilangan air akibat transpirasi yang lebih tinggi (Riar *et al.*, 2016).

**Gambar 2.** Daun *Commelina diffusa*
Sumber. Dokumen Penulis

Anatomi Stomata

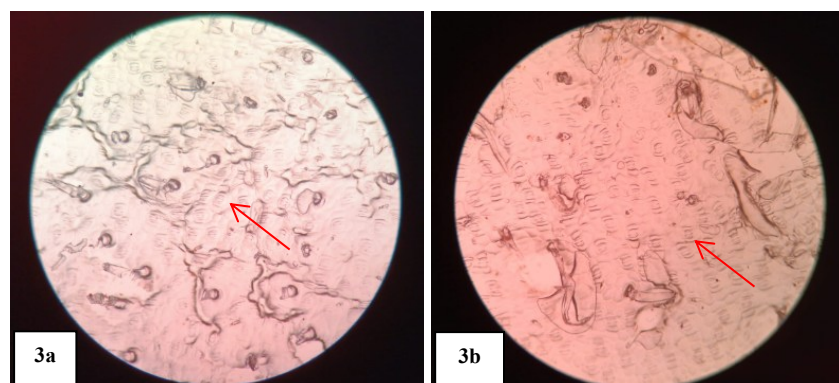
Tipe dan kerapatan stomata *C. diffusa* pada **Tabel 4.** menunjukkan tipe stomata heksasitik pada kedua lokasi dengan kerapatan stomata yang lebih tinggi pada lokasi ternaungi (591,082 sel/mm²) dibandingkan pada lokasi tidak ternaungi (535,031 sel/mm²). Menurut Novoa & Arambarri (2016), stomata *C. diffusa* memiliki kompleks *hexaperiginous* dengan bentuk unit stomata bertipe heksasitik, dengan kompleks stomata tersusun dari 6 sel tetangga dengan satu pasang sel tetangga berbentuk lateral di sepanjang seluruh kompleks stomata. Keberadaan stomata ditunjukkan dengan anak panah pada kedua daun di lokasi ternaungi (**Gambar 3a.**) dan tidak ternaungi (**Gambar 3b.**).

Pembukaan dan penutupan stomata dikendalikan oleh perubahan tekanan turgor sel penutup akibat faktor cahaya, konsentrasi CO₂, dan hormon asam absisat. Paparan cahaya memicu fotosintesis yang menurunkan kadar CO₂, meningkatkan pH

sel, dan mengaktivasi enzim fosforilase untuk mengubah amilum menjadi glukosa. Peningkatan konsentrasi glukosa menaikkan tekanan osmotik, menyebabkan air masuk ke sel penutup dan meningkatkan turgor, sehingga stomata terbuka (Setiawati & Syamsi, 2019). Penelitian yang dilakukan Fanourakis *et al.* (2019) menunjukkan bahwa *Rosa hybrida* yang tumbuh pada lokasi dengan intensitas cahaya tinggi lebih cepat merespon cahaya. Daun yang terpapar cahaya lebih tinggi memiliki laju transpirasi yang lebih rendah dibandingkan daun yang ternaungi karena kutikula yang tebal (Idris *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah stomata yang lebih banyak akan lebih meminimalkan kehilangan air dari tanaman.

Kerapatan stomata berbanding lurus dengan jumlah stomata, dengan semakin banyak jumlah stomata maka tingkat kerapatan stomata juga akan naik.

Perbedaan kerapatan stomata pada lokasi tanaman yang ternaungi dan tidak ternaungi dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti tingkat intensitas cahaya, ketersediaan air, suhu, dan konsentrasi CO₂ (Sihotang, 2017). Namun, pengaruh intensitas cahaya terhadap kerapatan stomata bergantung pada tanaman. Penelitian yang dilakukan Bueno & Vendrame (2024) menunjukkan bahwa tanaman *P. vulgaris* yang tumbuh di bawah cahaya biru kuat memiliki 94% lebih banyak stomata dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di bawah cahaya biru lemah, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya maka kerapatan stomata juga akan semakin meningkat, bahkan dalam cahaya monokromatik. Kerapatan stomata daun *C. diffusa* yang diamati termasuk pada kategori kerapatan tinggi dengan *range* lebih dari 500 sel/mm² (Marantika *et al.*, 2021).



Gambar 3. Stomata daun *C. diffusa* dibawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 100x (a) Pada lokasi ternaungi; (b) Pada lokasi tidak ternaungi
Sumber. Dokumen Penulis

Tabel 4. Kerapatan Stomata Daun *C. diffusa* yang Tumbuh di Embung Leuwi Padjadjaran

No.	Data Pengamatan	Ternaungi	Tidak Ternaungi
1.	Jumlah stomata	116	105
2.	Luas bidang pandang (mm ²)	0,19625	0,19625
3.	Kerapatan stomata (sel/mm ²)	591,082*	535,031
4.	Tipe stomata	Heksasitik	Heksasitik

Tabel 5. Kadar Klorofil Daun *C. diffusa* yang Tumbuh di Embung Leuwi Padjadjaran

Daun ke-	Nilai pada Lokasi Ternaungi (CCI)	Nilai pada Lokasi Tidak Ternaungi (CCI)
1	50,5	13,9
2	31,5	17,8
3	31,2	27,8
Rata-rata	37,73*	19,83

Kadar Klorofil

Karakter anatomi lainnya yang diamati adalah kandungan klorofil daun *C. diffusa* seperti yang tertera pada **Tabel 5.** dengan rata-rata kandungan klorofil daun pada lokasi ternaungi sebesar 37,73 CCI dan pada lokasi tidak ternaungi sebesar 19,83 CCI. Pengukuran indeks klorofil digunakan alat *Chlorophyll meter*, yang bekerja dengan mengukur transmisi dua panjang gelombang radiasi melalui daun, yaitu spektrum merah pada panjang gelombang 650 nm dan inframerah dekat pada panjang gelombang sekitar 900 nm (Ardiansyah *et al.*, 2022).

Energi yang digunakan pada proses fotosintesis tanaman adalah foton dari kedua spektrum cahaya, dengan mekanisme energi radiasi matahari ditangkap klorofil dan diubah menjadi energi kimia melalui fotosintesis (Suyatman, 2021). Pada tanaman yang tidak toleran terhadap naungan, laju fotosintesis akan menurun karena cahaya dengan intensitas rendah mengurangi ekspresi gen dan aktivitas

enzim siklus Calvin yang terlibat dalam fiksasi CO₂ dan regenerasi rubisco-1, 5-bifosfat (RuBP), yang mengurangi potensi asimilasi karbon pada tanaman (Sharkey *et al.*, 2007).

Perbedaan indeks klorofil pada kedua lokasi disebabkan oleh respon tanaman terhadap perubahan intensitas cahaya melalui modifikasi klorofil a/b dan penyesuaian laju transpor elektron (ETR) (Ma *et al.*, 2010). Tanaman yang tumbuh pada lingkungan dengan intensitas cahaya rendah cenderung mengalami peningkatan kandungan klorofil. Penelitian yang dilakukan Ren *et al.* (2016) pada tanaman jagung menunjukkan kadar klorofil b yang lebih tinggi pada daun yang tumbuh pada daerah cahaya rendah sebagai respon adaptif untuk menangkap lebih banyak cahaya biru yang efisien dalam proses fotosintesis, sehingga merangsang fotomorfogenesis dan mengurangi dampak negatif dari stres naungan. Penelitian lain yang dilakukan Yi *et al.*, (2020) juga menunjukkan bahwa

akumulasi gula serta fiksasi CO₂ dalam intensitas cahaya tinggi dapat menyebabkan degradasi kompleks pigmen-protein yang mempercepat penuaan daun dan menurunkan kadar klorofil. Penurunan kandungan klorofil ini berfungsi sebagai mekanisme perlindungan untuk mencegah kerusakan metabolisme fotosintesis sebagai akibat paparan cahaya berlebih.

Analisis Fitokimia

Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak sampel daun *C. diffusa* mengandung beberapa metabolit sekunder seperti pada **Tabel 6**. Uji alkaloid menunjukkan hasil positif, ditandai dengan terbentuknya endapan jingga-merah setelah penambahan reagen Dragendorff pada bagian atas filtrat yang menunjukkan pembentukan kompleks kalium alkaloid dari reaksi antara nitrogen pada alkaloid dengan ion logam K⁺ dari kalium tetraiodomerkurat (II) pada reagen Dragendorff (Wardhani & Supartono, 2015).

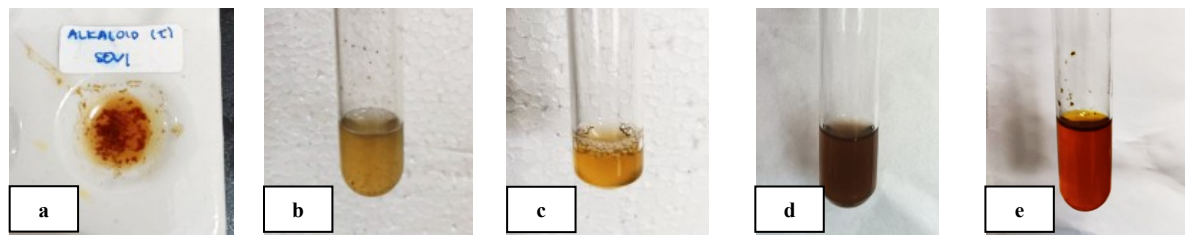
Hasil endapan merah bata pekat (++++) ditunjukkan pada kedua ekstrak, baik pada tanaman yang ternaungi (**Gambar 4a**) maupun tidak ternaungi (**Gambar 5a**). Intensitas cahaya yang tinggi dapat

meningkatkan kadar alkaloid dalam tanaman dengan memicu peningkatan nitrogen bebas sebagai sumber jalannya metabolisme tanaman, sehingga ketika nitrogen bebas turun, kadar alkaloid pada tanaman akan menurun (Setiawati *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan Zhao *et al.* (2001) pada *C. roseus* menunjukkan bahwa tanaman yang terpapar cahaya memiliki kadar vindolin (alkaloid pada famili Apocynaceae) lebih tinggi hingga 3-4 kali lipat dibandingkan dengan tanaman yang tidak terpapar cahaya. Selain intensitas cahaya, kadar alkaloid pada tanaman juga bergantung pada bagian tanaman, iklim, dan wilayah geografis habitat tanaman (Samrot *et al.*, 2022).

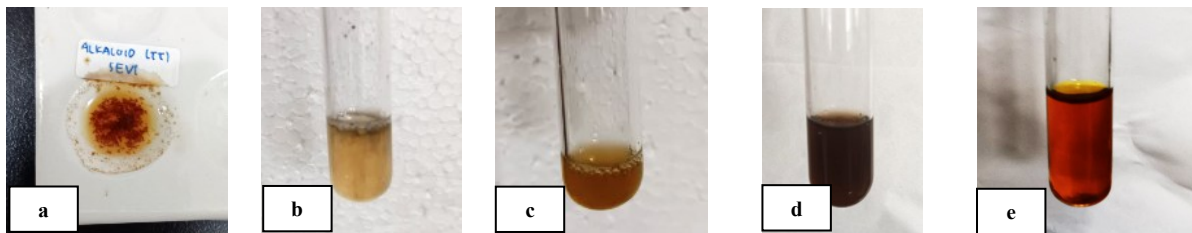
Uji flavonoid menunjukkan hasil positif, ditandai dengan terbentuknya warna kuning setelah penambahan bubuk magnesium dan HCl 2N pada bagian atas filtrat yang menandakan adanya reduksi senyawa flavonoid oleh magnesium dan HCl (Sulistyarini *et al.*, 2020). Hasil warna kuning menunjukkan kadar flavonoid yang sedikit (+) pada kedua ekstrak, baik pada tanaman yang ternaungi (**Gambar 4b**) maupun tidak ternaungi (**Gambar 5b**).

Tabel 6. Hasil pengujian fitokimia Daun *C. diffusa* yang Tumbuh pada Embung Leuwi Padjadjaran

No.	Uji Fitokimia	Ternaungi	Tidak Ternaungi
1.	Alkaloid	+++	+++
2.	Flavonoid	+	+
3.	Saponin	+	+
4.	Tanin	+++	+++
5.	Kuinon	+++	+++



Gambar 4. Hasil uji fitokimia daun *C. diffusa* pada lokasi ternaungi. (a) Uji alkaloid; (b) Uji flavonoid; (c) Uji saponin; (d) Uji tanin; (e) Uji kuinon
Sumber. Dokumen penulis



Gambar 5. Hasil uji fitokimia daun *C. diffusa* pada lokasi tidak ternaungi. (a) Uji alkaloid; (b) Uji flavonoid; (c) Uji saponin; (d) Uji tanin; (e) Uji kuinon
Sumber. Dokumen penulis

Intensitas cahaya yang meningkat cenderung meningkatkan kandungan flavonoid sebagai pelindung terhadap radiasi UV dan stres oksidatif dengan meningkatkan aktivitas fotosintesis dan menghasilkan prekursor serta penghambat dekomposisi metabolit sekunder. Hal ini mengasumsikan bahwa tanaman yang tidak ternaungi akan memiliki kadar flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar flavonoid pada tanaman yang ternaungi (Li *et al.*, 2016; Rahmawati *et al.*, 2024).

Uji saponin menunjukkan adanya busa setelah ekstrak dikocok dengan kencang, yang mengindikasikan sifat amfifilik saponin yang memungkinkan pembentukan busa ketika dikocok (Muharrami *et al.*,

2020). Hasil keberadaan busa yang sedikit (di bawah 1 cm) setelah ekstrak dikocok menunjukkan kadar saponin yang sedikit (+) pada kedua ekstrak, baik pada tanaman yang ternaungi (**Gambar 4c**) maupun tidak ternaungi (**Gambar 5c**). Saponin pada beberapa tanaman dilepaskan ke dalam rizosfer dan berperan sebagai alelopati yang menekan pertumbuhan tanaman tetangga dan mencegah persaingan sumber nutrisi (Moses *et al.*, 2014). Penelitian yang dilakukan Dehariya *et al.* (2018) pada tanaman kapas menunjukkan bahwa paparan UV-B yang tinggi dapat meningkatkan kadar saponin hingga 70% dibandingkan pada tanaman yang tidak diberi paparan UV-B merupakan komponen alami sinar matahari yang mempengaruhi kerja

fotosintesis, metabolisme air, dan partisi karbon dari sumber pertumbuhan ke jalur metabolisme sekunder, sehingga hal ini mengasumsikan bahwa tanaman yang tidak ternaungi akan mengandung saponin lebih tinggi dibandingkan dengan saponin pada tanaman yang ternaungi (McKenzie *et al.*, 2011).

Uji tanin menghasilkan warna hijau kehitaman setelah penambahan FeCl_3 1%, yang menunjukkan adanya kompleks antara tanin dan ion besi (Sulistyarini *et al.*, 2020). Hasil warna hijau kehitaman yang pekat (++++) ditunjukkan pada kedua ekstrak, baik pada tanaman yang ternaungi (**Gambar 4d**) maupun tidak ternaungi (**Gambar 5d**). Tanin memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk sebagai antibakteri dan antioksidan (Saadah *et al.*, 2022). Kandungan tanin dalam tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk cahaya dan unsur hara tanah (Hofland-Zijlstra & Berendse, 2009). Namun, intensitas cahaya tidak memberikan efek yang signifikan terhadap kadar tanin pada tanaman. Penelitian yang dilakukan Hansen *et al.* (2006) menunjukkan bahwa kadar konsentrasi tanin pada tanaman semak hanya meningkat sekitar 8-13% di tempat yang ternaungi serta pemberian pupuk yang sesuai, dengan peningkatan tanin terjadi karena adanya perbedaan proses translokasi senyawa sekunder berbasis karbon di dalam tanah. Hal ini mengasumsikan bahwa kadar

tanin pada tanaman yang ternaungi akan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan tanin pada tanaman yang tidak ternaungi

Uji kuinon menunjukkan warna merah pekat setelah penambahan NaOH, yang menunjukkan keberadaan ion fenolat akibat reaksi deprotonasi kuinon (Akbar *et al.*, 2022). Hasil warna merah pekat (+++) ditunjukkan pada kedua ekstrak, baik pada tanaman yang ternaungi (**Gambar 4e**) maupun tidak ternaungi (**Gambar 5e**). Kuinon adalah senyawa dengan dua gugus karbonik yang berperan dalam mekanisme transfer elektron selama fotosintesis (Saadah *et al.*, 2022). Perbedaan Intensitas cahaya dapat mempengaruhi biosintesis dan akumulasi kuinon. Pada tanaman yang ternaungi, intensitas cahaya yang diterima lebih rendah, sehingga mengurangi aktivitas fotosintesis dan jalur metabolik akumulasi kuinon di dalam tanaman (Borbély *et al.*, 2022). Hal ini mengasumsikan bahwa kadar kuinon pada tanaman yang tidak ternaungi akan lebih tinggi dibandingkan dengan kuinon pada tanaman yang ternaungi.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pengamatan hanya dilakukan dalam satu lokasi dengan durasi penelitian yang relatif singkat, sehingga hasil yang diperoleh belum sepenuhnya merepresentasikan perbedaan morfologi, anatomi, fisiologi, dan kandungan metabolit sekunder *C. diffusa* pada berbagai kondisi lingkungan. Selain

itu, penelitian ini hanya berfokus pada intensitas cahaya sebagai faktor utama, tanpa mempertimbangkan variabel lingkungan lain.

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk memperluas cakupan penelitian dengan melibatkan lebih banyak lokasi dan periode pengamatan yang lebih panjang. Analisis mendalam menggunakan teknik biokimia dan molekuler dapat dilakukan untuk memahami mekanisme adaptasi *C. diffusa* terhadap perbedaan intensitas cahaya secara lebih spesifik.

SIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan mengungkap karakteristik morfologi, anatomi, dan fisiologi serta kandungan metabolit sekunder daun Aur-aur (*C. diffusa*) dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa morfologi daun pada intensitas cahaya berbeda memiliki morfologi yang sama, dengan perbedaan rerata pada luas dan ketebalan daun. Dari segi anatomi, kerapatan stomata serta kandungan klorofil lebih tinggi pada tanaman yang ternaungi, mengindikasikan respons adaptasi terhadap intensitas cahaya. Uji fitokimia mengonfirmasi keberadaan alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan kuinon, dengan variasi kadar yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Hasil dari penelitian memberikan wawasan mengenai mekanisme

adaptasi *C. diffusa* terhadap faktor lingkungan, khususnya intensitas cahaya, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai hubungan antara metabolit sekunder dan respons fisiologis tanaman terhadap stres lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. K., Hajrah, H., & Sastyarina, Y. (2022). Identifikasi Metabolit Sekunder Air Seduhan Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan Bawang Dayak (*Sisyrinchium palmifolium* L.) yang Berpotensi sebagai Inhibitor α -Glukosidase. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 15, 116–121. <https://doi.org/10.25026/mpc.v15i1.627>
- Andika, E. D., Kartijono, N. E., & Rahayu, E. S. (2017). Struktur dan Komposisi Tumbuhan pada Lantai Hutan Jati di Kawasan RPH Bogorejo BKPH Tanggel Blora. *Life Science*, 6(1), 24–33.
- Ardiansyah, M., Nugroho, B., & Sa'diyah, K. (2022). Estimasi Kadar Klorofil dan Kadar N Daun Jagung Menggunakan *Chlorophyll Content Index*. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 24(2), 53–61. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.2.53-61>
- Beneragama, C., & Goto, K. (2011). Chlorophyll a:b Ratio Increases Under Low-light in “Shade-tolerant” *Euglena gracilis*. *Tropical Agricultural Research*, 22(1), 12. <https://doi.org/10.4038/tar.v22i1.2666>
- Borbély, P., Gasperl, A., Pálmai, T., Ahres, M., Asghar, M. A., Galiba, G., Müller, M., & Kocsy, G. (2022). Light Intensity and Spectrum Dependent Redox Regulation of Plant Metabolism. *Antioxidants*, 11(7), 1311.

- <https://doi.org/10.3390/antiox11071311>
- Cahyaningsih, R., Phillips, J., Magos Brehm, J., Gaisberger, H., & Maxted, N. (2021). Climate Change Impact on Medicinal Plants in Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 30(2021), 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01752>
- Cawood, M. E., Allemann, I., & Allemann, J. (2018). Impact of Temperature Stress on Secondary Metabolite Profile and Phytotoxicity of *Amaranthus cruentus* L. Leaf Extracts. *Acta Agriculturae Slovenica*, 111(3), 609–620.
<https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.3.09>
- Dehariya, P., Kataria, S., Guruprasad, K. N., & Pandey, G. P. (2018). Saponin Synthesis and Cotton Growth is Antagonistically Regulated by Solar UV-B Radiation. *Journal of Cotton Research*, 1(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s42397-018-0014-x>
- Dewi, F. A., Widyasunu, P., & Maryanto, J. (2021). Distribusi Unsur Hara Kalium Tanah dan Kadarnya pada Tanaman Padi Sawah di Wilayah Sub Das Serayu Hilir Kecamatan Sampang Kabupaten Cilacap. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 2, 117–123.
<https://doi.org/10.30595/pspfs.v2i.178>
- Ekeke, C., & Ogazie, C. A. (2018). Phytochemical Study on *Commelina diffusa* Burn. F. Subsp. Diffusa J. K. Morton and *Commelina erecta* L. (Commelinaceae). *Nigerian Journal of Life Science*, 8(1), 74–85.
<https://www.researchgate.net/publication/331374771>
- Fan, X.-X., Xu, Z.-G., Liu, X.-Y., Tang, C.-M., Wang, L.-W., & Han, X. (2013). Effects of Light Intensity on the Growth and Leaf Development of Young Tomato Plants Grown Under a Combination of Red and Blue Light. *Scientia Horticulturae*, 153, 50–55.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.017>
- Fanourakis, D., Hyldgaard, B., Giday, H., Aulik, I., Bouranis, D., Körner, O., & Ottosen, C.-O. (2019). Stomatal Anatomy and Closing Ability is Affected by Supplementary Light Intensity in Rose (*Rosa hybrida* L.). *Horticultural Science*, 46(2), 81–89.
<https://doi.org/10.17221/144/2017-HORTSCI>
- Ferreira, S. D., Salvalaggio, A. C., Moratelli, G., Vasconcelos, E. D., & Costa, N. V. (2016). Commelina Species Control with Desiccants Alone and in Mixtures. *Planta Daninha*, 1–8.
- Freitas, N. M., Freitas, F. C. L., Furtado, I. F., Teixeira, M. F. F., & Silva, V. F. (2018). Herbicide Mixtures to Control Dayflowers and Drift Effect on Coffee Cultures. *Planta Daninha*, 36(0), 1–9.
<https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100047>
- Hamidy, A. N., Sudarti, & Yushardi. (2021). Analisis Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kenyamanan Masyarakat di Desa Sumber Tengah. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(2), 70–76.
- Hansen, A. H., Jonasson, S., Michelsen, A., & Julkunen-Tiitto, R. (2006). Long-term Experimental Warming, Shading and Nutrient Addition Affect the Concentration of Phenolic Compounds in Arctic-alpine Deciduous and Evergreen Dwarf Shrubs. *Oecologia*, 147(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0233-y>
- Hashim, M., Ahmad, B., Drouet, S., Hano, C., Abbasi, B. H., & Anjum, S. (2021). Comparative Effects of Different Light Sources on the Production of Key Secondary Metabolites in Plants In Vitro Cultures. *Plants*, 10(8), 1521.
<https://doi.org/10.3390/plants10081521>
- Hofland-Zijlstra, J. D., & Berendse, F. (2009). The Effect of Nutrient Supply

- and Light Intensity on Tannins and Mycorrhizal Colonisation in Dutch Heathland Ecosystems. *Plant Ecology*, 201(2), 661–675. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9554-3>
- Idris, A., Linatoc, A. C., & Bakar, M. F. B. A. (2019). Effect of Light Intensity on the Photosynthesis and Stomatal Density of Selected Plant Species of Gunung Ledang, Johor. *Malays. Appl. Biol.*, 48(3), 133–140.
- Irakiza, R., Darius, A., Arnold, W., Samuel, M., Paul, M., & Paul, K. (2022). Environmental and Management Factors That Influence *Commelina* Species in Selected Agro-Ecological Zones in Western Kenya. *American Journal of Plant Sciences*, 13(06), 884–911. <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.136059>
- Kamble, S. (2019). Nutraceutical Investigations of *Commelina diffusa* Burm. F. Leaves- A Popular Wild Vegetable. *Plantae Scientia*, 2(3), 34–39. <https://doi.org/10.32439/ps.v2i3.34-39>
- Kusman, H. N., Rusdinar, A., & Darlis, D. (2022). Weather Station Monitoring System In Agriculture Based On Iot. *E-Proceeding of Engineering*, 9(5), 2468.
- Lanoue, J., Leonardos, E. D., & Grodzinski, B. (2018). Effects of Light Quality and Intensity on Diurnal Patterns and Rates of Photo-Assimilate Translocation and Transpiration in Tomato Leaves. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00756>
- Li, A., Li, S., Wu, X., Zhang, J., He, A., Zhao, G., & Yang, X. (2016). Effect of Light Intensity on Leaf Photosynthetic Characteristics and Accumulation of Flavonoids in *Lithocarpus litseifolius* (Hance) Chun. (Fagaceae). *Open Journal of Forestry*, 06(05), 445–459. <https://doi.org/10.4236/ojf.2016.65034>
- Liu, W., Hsu, Y.-Y., Tang, J.-Y., Cheng, Y.-B., Chuang, Y.-T., Jeng, J.-H., Yen, C.-H., & Chang, H.-W. (2022). Methanol Extract of *Commelina* Plant Inhibits Oral Cancer Cell Proliferation. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/antiox11091813>
- Lu, D., Wang, G. G., Yan, Q., Gao, T., & Zhu, J. (2018). Effects of Gap Size and Within-gap Position on Seedling Growth and Biomass Allocation: Is the Gap Partitioning Hypothesis Applicable to the Temperate Secondary Forest Ecosystems in Northeast China? *Forest Ecology and Management*, 429, 351–362. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.031>
- Ma, Z., Li, S., Zhang, M., Jiang, S., & Xiao, Y. (2010). Light Intensity Affects Growth, Photosynthetic Capability, and Total Flavonoid Accumulation of *Anoectochilus* Plants. *HortScience*, 45(6), 863–867.
- Marantika, M., Hiariej, A., & Sahertian, D. E. (2021). Kerapatan dan Distribusi Stomata Daun Spesies Mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 12(1), 1–6. <http://journal.unhas.ac.id>
- McKenzie, R. L., Aucamp, P. J., Bais, A. F., Björn, L. O., Ilyas, M., & Madronich, S. (2011). Ozone Depletion and Climate Change: Impacts on UV Radiation. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 10(2), 182–198. <https://doi.org/10.1039/c0pp90034f>
- Mohamed, S. J., Rihan, H. Z., Aljafer, N., & Fuller, M. P. (2021). The Impact of Light Spectrum and Intensity on the Growth, Physiology, and Antioxidant Activity of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(10).

- <https://doi.org/10.3390/plants10102162>
- Moses, T., Papadopoulou, K. K., & Osbourn, A. (2014). Metabolic and Functional Diversity of Saponins, Biosynthetic Intermediates and Semi-synthetic Derivatives. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 49(6), 439–462. <https://doi.org/10.3109/10409238.2014.953628>
- Muharrami, L. K., Munawaroh, F., Ersam, T., & Santoso, M. (2020). Phytochemical Screening of Ethanolic Extract: a Preliminary Test on Five Medicinal Plants on Bangkalan. *Jurnal Pena Sains*, 7(2), 96–103. <https://doi.org/1921107/jps.v7i2.8722>
- Nasrin, M., Afroz, F., Sharmin, S., Rana, Md. S., & Sohrab, Md. H. (2019). Cytotoxic, Antimicrobial and Antioxidant Properties of *Commelina diffusa* Burm. F. *Pharmacology & Pharmacy*, 10(02), 82–93. <https://doi.org/10.4236/pp.2019.102007>
- Novoa, M. C., & Arambarri, A. M. (2016). Importance of Anatomical Leaf-blade Features for the Characterization of Medicinal Commelinaceae in the Rio de la Plata Area (Argentina). *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 51(3), 419–427. <https://www.researchgate.net/publication/309661556>
- Prabowo, R., & Subantoro, R. (2018). Analisis Tanah Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Lahan Budidaya Pertanian di Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 2(2), 59–64.
- Prima, A. A., Ahmed, R., Faruk, A., Zafroon, Z., & Dash, P. R. (2019). Pharmacological Importance of *Commelina diffusa* (Commelinaceae): a Review. *International Journal of Life Sciences and Review*, 5(1), 1–5.
- Rahman, A. H. M. M., Sultana, M. Z., Rani, R., & Islam, A. K. M. R. (2015). Taxonomic Studies of the Family Commelinaceae at Rajshahi, Bangladesh. *International Journal of Advanced Research*, 3(5), 978–989. <http://www.journalijar.com>
- Rahman, M. M., Mannan, M. A., Khatun, A., & Nijhu, R. S. (2021). Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology of *Commelina diffusa* Burm: An Updated Systematic Review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(4), 53–59. www.phytojournal.com
- Rahmawati, F., Bintang, M., Yang, A. J., & Damayanti, N. M. D. (2024). Potensi Antioksidan, Skrining, dan Identifikasi Metabolit Sekunder Ekstrak Beras Hitam (*Oryza sativa* L. Indica). *Pro-Life: Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, Dan Ilmu Serumpun*, 11(2), 129–141.
- Rajkumar, G., Panambara, P. A. H. R., & Sanmugarajah, V. (2022). Comparative Analysis of Qualitative and Quantitative Phytochemical Evaluation of Selected Leaves of Medicinal Plants in Jaffna, Sri Lanka. *Borneo Journal of Pharmacy*, 5(2), 93–103. <https://doi.org/10.33084/bjop.v5i2.3091>
- Raza, M. A., Feng, L. Y., Iqbal, N., Ahmed, M., Chen, Y. K., Khalid, M. H. Bin, Mohi Ud Din, A., Khan, A., Ijaz, W., Hussain, A., Jamil, M. A., Naeem, M., Bhutto, S. H., Ansar, M., Yang, F., & Yang, W. (2019). Growth and Development of Soybean Under Changing Light Environments in Relay Intercropping System. *PeerJ*, 7, e7262. <https://doi.org/10.7717/peerj.7262>
- Ren, B., Cui, H., Camberato, J. J., Dong, S., Liu, P., Zhao, B., & Zhang, J. (2016). Effects of Shading on the Photosynthetic Characteristics and Mesophyll Cell Ultrastructure of Summer Maize. *The Science of Nature*, 103(7–8), 67. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1392-x>

- Riar, M. K., Carley, D. S., Zhang, C., Schroeder-Moreno, M. S., Jordan, D. L., Webster, T. M., & Rufty, T. W. (2016). Environmental Influences on Growth and Reproduction of Invasive *Commelina benghalensis*. *International Journal of Agronomy*, 2016, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/5679249>
- Saadah, S., Tulandi, S. M., & Rohman, R. A. (2022). Phytochemical and Gas Chromatography-mass Spectrometry Profiling of Two Plant Parts of *Sandoricum koetjape*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(12), 6199–6207. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231214>
- Samrot, A. V., Mun, C. Y., Qi, N. X., Saigeetha, S., Wilson, S., Rajesh, V. V., Pachiyappan, S., Rajalakshmi, D., & Chinni, S. V. (2022). Plant Latex: Phytochemistry, Medicinal Properties and Application - A Review. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(7), 5351–5375. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S07.658>
- Sari, K. R. T. P., Indrawati, E. M., & Nevita, A. P. (2020). Analisis Perbedaan Suhu dan Kelembaban Ruangan pada Kamar Berdinding Keramik. *Jurnal Inkofar*, 1(1), 5–11.
- Serges, K. D., Laure, P. K. S., Legentil, N. M., Norbert, K., Albert, K., & SL, W. N. (2020). Hepatoprotective and Antioxidant Effects of *Commelina diffusa* Burm Extracts on Gentamicin-induced Liver Damage in Rats. *Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences*, 8(1), 23–31. <https://doi.org/10.18231/j.jpbs.2020.004>
- Setiawati, T., Ayalla, A., Nurzaman, M., & Mutaqin, A. Z. (2018). Influence of Light Intensity on Leaf Photosynthetic Traits and Alkaloid Content of Kiasahan (*Tetracera scandens* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 166, 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/166/1/012025>
- Setiawati, T., & Syamsi, I. F. (2019). Karakteristik Stomata Berdasarkan Estimasi Waktu dan Perbedaan Intensitas Cahaya pada Daun *Hibiscus tiliaceus* Linn. di Pangandaran, Jawa Barat. *Pro-Life: Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, Dan Ilmu Serumpun*, 6(2), 148–159.
- Sharkey, T. D., Bernacchi, C. J., Farquhar, G. D., & Singsaas, E. L. (2007). Fitting Photosynthetic Carbon Dioxide Response Curves for C3 Leaves. *Plant, Cell & Environment*, 30(9), 1035–1040. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01710.x>
- Sigalingging, R., & Ritonga, R. A. (2024). Study of Variations in Light Intensity and Length of Light Emitting Diode on the Growth and Productivity of Pak Choi Plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1413(1), 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1413/1/012126>
- Sihotang, L. (2017). Analisis Densitas Stomata Tanaman Antanan (*Centella asiatica*, L) dengan Perbedaan Intensitas Cahaya. *Pro-Life: Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, Dan Ilmu Serumpun*, 4(2), 329–338.
- Sulistyarini, I., Sari, D. A., & Wicaksono, T. A. (2020). Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder Batang Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 5(1), 56–62.
- Sutomo, S., Awaliyah, V. V., & Arnida, A. (2022). Ethnobotanical Study and Phytochemical Screening of Medicinal Plants Used by Local People in Belangian Village, South Kalimantan. *Borneo Journal of Pharmacy*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.33084/bjop.v5i1.2717>
- Suyatman, S. (2021). Menyelidiki Energi Pada Fotosintesis Tumbuhan.

- INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 125–131. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50085>
- Tan, T., Li, S., Fan, Y., Wang, Z., Ali Raza, M., Shafiq, I., Wang, B., Wu, X., Yong, T., Wang, X., Wu, Y., Yang, F., & Yang, W. (2022). Far-red Light: A Regulator of Plant Morphology and Photosynthetic Capacity. *The Crop Journal*, 10(2), 300–309. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.06.007>
- Vijay, R., Drisya, V. M., Selta, D. R. F., Rathi, M. A., Gopalakrishnan, VK., Alkhalifah, D. H. M., & Hozzein, W. N. (2023). Synthesis and Characterization of Silver Nanomaterial from Aqueous Extract of *Commelina forskaolii* and its Potential Antimicrobial Activity Against Gram Negative Pathogens. *Journal of King Saud University - Science*, 35(1), 102373. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102373>
- Wardhani, R. A. P., & Supartono. (2015). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) pada Bakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(1), 46–51. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Yahiya, Y., Temeche, A., Delisho, F., & Abrar, K. (2024). Invitro Antibacterial, Antioxidant and XRF Analysis of *Commelina Diffusa* Burm. F.Plant Extracts. *Journal of Diseases and Medicinal Plants*, 10(3), 40–51. <https://doi.org/10.11648/j.jdmp.20241003.11>
- Yang, F., Feng, L., Liu, Q., Wu, X., Fan, Y., Raza, M. A., Cheng, Y., Chen, J., Wang, X., Yong, T., Liu, W., Liu, J., Du, J., Shu, K., & Yang, W. (2018). Effect of Interactions Between Light Intensity and Red-to- Far-Red Ratio on the Photosynthesis of Soybean Leaves Under Shade Condition. *Environmental and Experimental Botany*, 150, 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.008>
- Yi, Z., Cui, J., Fu, Y., & Liu, H. (2020). Effect of Different Light Intensity on Physiology, Antioxidant Capacity and Photosynthetic Characteristics on Wheat Seedlings Under High CO2 Concentration in a Closed Artificial Ecosystem. *Photosynthesis Research*, 144(1), 23–34. <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00726-x>
- Yustiningsih, M. (2019). Intensitas Cahaya dan Efisiensi Fotosintesis pada Tanaman Naungan dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung. *Bioedu*, 4(2), 43–48.
- Zhang, J., Ge, J., Dayananda, B., & Li, J. (2022). Effect of Light Intensities on the Photosynthesis, Growth and Physiological Performances of Two Maple Species. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.999026>
- Zhao, J., Zhu, W.-H., & Hu, Q. (2001). Effects of Light and Plant Growth Regulators on the Biosynthesis of Vindoline and other Indole Alkaloids in *Catharanthus roseus* Callus Cultures. *Plant Growth Regulation*, 33(1), 43–49. <https://doi.org/10.1023/A:1010722925013>