

Karakteristik Morfo-Anatomi, Klorofil, dan Fitokimia Tanaman Ketul (*Bidens pilosa*) pada Beragam Intensitas Cahaya di Arboretum Universitas Padjadjaran

Karen Marcelline^{1*}, Mohamad Nurzaman², Tia Setiawati³

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

*Corresponding author: karen21001@mail.unpad.ac.id

Article History

Received : 14 March 2025

Approved : 23 March 2025

Published : 30 March 2025

Keywords

Bidens pilosa, chlorophyll content, light intensity, plant adaptation, secondary metabolites.

ABSTRACT

Bidens pilosa is a plant known for its secondary metabolites with therapeutic properties. This study aimed to examine the effects of different light intensities on the morphology, anatomy, chlorophyll content, and secondary metabolite production of *B. pilosa* in the Arboretum of Universitas Padjadjaran. The light intensity in the shaded area was 5,828 lux, while in the unshaded area, it was 32,768 lux. Leaf samples were collected from three individuals in each area, with three leaves taken per plant. Morphological and anatomical traits such as leaf thickness, leaf area, stomatal density, and chlorophyll content were observed, along with secondary metabolite content. Results showed that plants in the shaded area had thinner leaves (0,19 mm) and lower stomatal density (275.16 cells/mm²) but a larger leaf area (4 cm²) and higher chlorophyll content (29.33 CCI) compared to leaves in the unshaded area, which had thicker leaves (0.213 mm), higher stomatal density (310.83 cells/mm²), a smaller leaf area (2.33 cm²), and lower chlorophyll content (27.27 CCI). Alkaloids, flavonoids, tannins, and saponins were detected in both conditions, with a higher level of alkaloid and tannin in unshaded plants. This study provides insight into how light intensity affects plant morphology, photosynthesis, and secondary metabolite production, which could affect cultivation and medicinal applications. Further studies integrating additional environmental factors and quantitative analysis of secondary metabolites could provide a better understanding of these interactions.

© 2025 The Authors. Published by Christian University of Indonesia.

Licensed under CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang tinggi, termasuk dalam hal keanekaragaman

tanaman obat. Diperkirakan 40.000 spesies tanaman yang telah tercatat, sekitar 9.606 di antaranya diklasifikasikan sebagai tanaman obat (Nisyapuri *et al.*, 2018; Rizki & Leilani,

2017). Tanaman-tanaman ini dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi yang signifikan, dengan estimasi sekitar 14,6 miliar dolar AS per tahun dan diproyeksikan meningkat hingga 5 triliun dolar AS pada tahun 2050 (Cahyaningsih *et al.*, 2021; Wakhidah, 2020). Nilai tinggi tanaman obat berasal dari kandungan metabolit sekundernya yang memiliki berbagai sifat farmakologis, seperti antimikroba, antitumor, antioksidan, serta berbagai manfaat lainnya (Ali *et al.*, 2019; Ansari *et al.*, 2020; Jang & Kim, 2019). Produksi metabolit sekunder serta pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah intensitas cahaya (Gang *et al.*, 2015; Zargoosh *et al.*, 2019).

Cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis, pertumbuhan tanaman, dan sintesis metabolit sekunder (Li *et al.*, 2020; Setiawati & Syamsi, 2019). Xu *et al.* (2020) mengungkapkan bahwa kondisi cahaya yang berbeda dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, serta kandungan metabolit sekunder suatu tanaman. Perubahan dalam kualitas cahaya dapat berdampak pada morfologi tumbuhan (Tang *et al.*, 2022). Tidak hanya kualitas cahaya, perubahan pada intensitas cahaya juga, baik terlalu tinggi maupun rendah, dapat berdampak pada morfologi, anatomi, dan produksi metabolit sekunder tanaman (Dewi *et al.*, 2016; Ghorbanzadeh *et al.*, 2021;

Maghfiroh, 2017). Tanaman dapat menangkap dan merespons variasi cahaya melalui fotoreseptor, yang kemudian memicu respons adaptasi tumbuhan untuk meningkatkan kelangsungan hidupnya (Francis & Gilman, 2019; Morelli *et al.*, 2021). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa variasi intensitas cahaya berdampak pada produksi metabolit sekunder tanaman. Sebagai contoh, penelitian Darko *et al.* (2022) pada tanaman cabai (*Capsicum annum*), menunjukkan adanya perbedaan dalam produksi metabolit sekunder akibat perbedaan intensitas cahaya. Penelitian lain yang dilakukan oleh Miao *et al.* (2023) menyatakan bahwa intensitas cahaya yang berbeda dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, respons fisiologis, dan kandungan asam askorbatnya.

Respons tanaman terhadap intensitas cahaya berbeda-beda tergantung pada spesiesnya. Sebagai contoh, penelitian Zhou *et al.* (2016) menemukan bahwa tanaman *Erigeron breviscapus* yang tumbuh di area terbuka menghasilkan scutellarin dalam kadar yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh di bawah naungan. Sebaliknya, penelitian yang dilakukan oleh Estell *et al.* (2016) terhadap *Flourensia cernua* menunjukkan bahwa senyawa seperti camphone, sabinene, β -pinene, borneol, bornyl acetate, dan Z-jasmone ditemukan dalam konsentrasi yang lebih

tinggi pada tanaman yang tumbuh di daerah ternaungi dibandingkan yang tumbuh di daerah tidak ternaungi. Selain itu, penelitian terhadap *Camptotheca acuminata* menunjukkan bahwa tanaman mengalami pertumbuhan lebih baik pada intensitas cahaya tinggi (Ma *et al.*, 2015), sedangkan tanaman *Salvia officinalis* menunjukkan pertumbuhan yang lebih optimal pada kondisi cahaya rendah (Rezai *et al.*, 2018). Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa respons tanaman terhadap cahaya bersifat spesifik dan bergantung pada karakteristik masing-masing spesies.

Salah satu tanaman yang memiliki potensi obat dan kaya akan metabolit sekunder adalah Ketul (*Bidens pilosa*), yaitu tanaman herba tahunan yang tergolong dalam famili Asteraceae (Kato-Noguchi & Kurniadie, 2024). *Bidens pilosa* merupakan tanaman yang tersebar luas di berbagai wilayah di dunia dan dapat tumbuh dengan baik di berbagai habitat, termasuk dari padang rumput dan pinggir jalan (Kato-Noguchi & Kurniadie, 2024; Liang *et al.*, 2020). Meskipun sering dianggap sebagai gulma, tanaman ini mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti alkaloid, saponin, flavonoid, minyak atsiri, dan fenol (Seko *et al.*, 2021; Seran *et al.*, 2021). Senyawa-senyawa tersebut disebut dengan metabolit sekunder. Metabolit sekunder merupakan derivat dari metabolit primer yang diproduksi oleh tumbuhan (Ashraf *et al.*,

2018) dan tidak mempengaruhi pertumbuhan secara langsung, tetapi memiliki fungsi sebagai mekanisme pertahanan terhadap cekaman abiotik dan biotik (Pang *et al.*, 2021).

Secara tradisional, *Bidens pilosa* telah banyak dimanfaatkan sebagai obat di berbagai negara. Di Tiongkok, tanaman ini terkadang digunakan sebagai bahan dalam teh herbal serta sebagai obat tradisional untuk mengatasi peradangan, diabetes, malaria, dan gangguan pencernaan (Abdel-Ghany *et al.*, 2016). Di Afrika Selatan, daun *B. pilosa* digunakan dalam ramuan herbal untuk mengobati sakit kepala, infeksi telinga, masalah ginjal, dan perut kembung (Xuan & Khanh, 2016). Sementara itu, di Kamerun Utara, *B. pilosa* telah digunakan sebagai agen pengendali serangga dan mikroorganisme (Goudoum *et al.*, 2016). Di Indonesia, pemanfaatan Ketul masih terbatas pada kelompok masyarakat tertentu yang menggunakannya sebagai ramuan untuk mengobati sakit kepala, infeksi telinga, dan gangguan hati (Etika & Giyatmi, 2020). Pemanfaatan tumbuhan Ketul dalam bidang kesehatan menunjukkan potensinya dalam bidang medis.

Meskipun beberapa penelitian telah meneliti pengaruh intensitas cahaya terhadap morfologi tanaman (Pan *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2017), hingga saat ini belum terdapat laporan yang secara spesifik membahas pengaruh intensitas cahaya

terhadap karakteristik fotosintesis daun serta kandungan metabolit sekunder pada *Bidens pilosa*. Pemahaman mengenai pengaruh intensitas cahaya terhadap *B. pilosa* penting untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi metabolit sekundernya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak variasi intensitas cahaya terhadap morfo-anatomi, kandungan klorofil, dan kandungan fitokimia *Bidens pilosa*.

METODE PENELITIAN

Metode

Metode observasional komparatif digunakan dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Padjadjaran. Sampel yang digunakan adalah bagian daun tumbuhan Ketul (*Bidens pilosa*) yang didapatkan dari dua titik di Arboretum Universitas Padjadjaran dengan intensitas cahaya yang berbeda. Penelitian mencakup pengukuran parameter morfo-anatomi tanaman secara kuantitatif, seperti luas daun, tebal daun, kerapatan stomata, dan kandungan klorofil, serta uji skrining fitokimia secara kualitatif menggunakan pereaksi berdasarkan perubahan warna dan pembentukan endapan.

Pendataan Parameter Lingkungan

Pendataan parameter lingkungan dilakukan menggunakan beberapa alat.

Luxmeter digital [Krisbow®] digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di lokasi penelitian, sementara thermometer digital [Darmasakti] digunakan untuk mengukur suhu udara di sekitar area pengamatan. Selain itu, soil meter dan pH meter [Takemura] digunakan untuk mengukur kondisi tanah, termasuk pH dan kandungan unsur N, P, dan K tanah. Semua data yang diperoleh kemudian dicatat dan dianalisis lebih lanjut untuk mendukung interpretasi hasil penelitian.

Pengambilan dan Preparasi Sampel

Pengambilan sampel daun Ketul (*Bidens pilosa*) dikumpulkan dengan mengambil beberapa helai daun, kemudian disimpan dalam plastik. Sampel tersebut dibawa ke laboratorium dalam kondisi kering dan ditempatkan di lokasi yang terhindar dari paparan sinar matahari langsung. Sebagian dari sampel kemudian dihaluskan menggunakan alu and mortar, sementara bagian lain disimpan untuk analisis morfologi dan anatomi.

Analisis Morfologi Sampel

Data morfologi diperoleh melalui pengamatan karakteristik daun serta pengukuran ketebalan dan luas daun. Karakteristik daun diamati secara visual, mencakup warna daun dan bentuk umum daun. Pengukuran ketebalan daun dilakukan menggunakan jangka sorong untuk memastikan akurasi hasil. Sementara itu, luas daun diukur menggunakan metode

gravimetri, yaitu dengan membuat replika daun menggunakan kertas milimeter blok, yang kemudian ditimbang dan dibandingkan dengan rata-rata berat kertas standar berukuran 1 cm². Luas daun kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut.

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

Analisis Anatomi Sampel

Pengamatan kerapatan stomata dilakukan menggunakan metode stomatal printing (Fauziah *et al.*, 2019). Permukaan abaksial daun diolesi dengan lapisan tipis kutek bening dan dibiarkan hingga kering. Setelah itu, lapisan kutek ditutup dengan isolasi bening dan dilepaskan secara hati-hati sehingga cetakan epidermis daun melekat pada isolasi. Isolasi yang telah mengandung cetakan tersebut ditempelkan pada kaca objek dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400X. Kerapatan stomata dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}}$$

Pengukuran Kadar Klorofil

Pengukuran kandungan klorofil dilakukan menggunakan klorofil meter [Opti-Sciences] untuk mengestimasi kadar klorofil secara non-destruktif. Proses pengukuran dilakukan pada tiga helai daun dari setiap individu. Pengukuran dilakukan pada bagian ujung, tengah, dan pangkal

daun, untuk memastikan variasi distribusi klorofil dapat terdeteksi dengan baik (Karyati *et al.*, 2017).

Skrining Fitokimia

Skrining metabolit sekunder daun Ketul (*Bidens pilosa*) dilakukan menggunakan sampel daun yang telah dihaluskan. Sampel tersebut kemudian diuji menggunakan pereaksi spesifik seperti pereaksi Dragendorff, Shinoda, NaOH, FeCl₃ 1%, dan aquades, untuk menentukan kandungan senyawa kimianya. Analisis yang dilakukan mencakup uji alkaloid, flavonoid, kuinon, tanin, dan saponin.

Analisis senyawa alkaloid, sebanyak 2 g sampel ditambahkan 5 ml kloroform dan 5 ml larutan amoniak. Campuran dipanaskan, dikocok, dan disaring ke dalam tabung reaksi. Filtrat yang diperoleh ditambahkan 5 tetes larutan H₂SO₄ 2N dan dibiarkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas dipindahkan menggunakan pipet dan diuji dengan reagen Dragendorff. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya endapan merah jingga (Seniwaty *et al.*, 2009).

Analisis senyawa flavonoid, sebanyak 2 g sampel *B. pilosa* diekstraksi menggunakan 25 ml etanol, kemudian dipanaskan dan disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan 10 ml kloroform dan 10 ml akuades sehingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas diambil sebanyak 1 ml dengan pipet, kemudian dipindahkan ke tabung reaksi baru dan ditambahkan 10 tetes

HCl pekat serta sedikit bubuk magnesium (Effendy *et al.*, 2024; Oktaviani *et al.*, 2021). Hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi kuning pada lapisan atas (Ikalinus *et al.*, 2015).

Analisis senyawa kuinon, sebanyak 1 g sampel dididihkan dalam 10 ml akuades selama 5 menit. Larutan kemudian didinginkan, disaring, dan sebanyak 5 ml filtrat ditambahkan NaOH 1N (Anggraeni & Anam, 2016). Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah (Handayani *et al.*, 2017).

Analisis senyawa tanin, sebanyak 20 mg sampel ditambahkan etanol hingga seluruhnya terendam. Sebanyak 2 ml larutan diambil, lalu ditambahkan 2 tetes FeCl₃ 1%. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna menjadi hitam kebiruan atau hijau (Soamole *et al.*, 2018).

Analisis senyawa saponin, sebanyak 2 g sampel ditambahkan dengan akuades secukupnya. Campuran kemudian dikocok dengan kuat menggunakan vortex selama 1 menit. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya busa yang stabil (Oktaviani *et al.*, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Parameter Lingkungan

Hasil pengukuran intensitas cahaya menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara dua lokasi penelitian. Lokasi A memiliki intensitas cahaya sebesar

32768 lux, sedangkan lokasi B hanya mencapai 5828 lux. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor vegetasi di sekitar area penelitian. Lokasi A merupakan area terbuka yang menerima sinar matahari langsung sepanjang hari, sehingga intensitas cahayanya lebih tinggi. Sebaliknya, lokasi B terlindungi oleh beberapa pohon di sekitarnya, menyebabkan redaman cahaya yang cukup signifikan. Semakin besar tingkat naungan, semakin kecil intensitas cahaya yang diterima, yang berkontribusi pada suhu udara yang lebih rendah serta kelembaban udara yang lebih tinggi (Widiastuti *et al.*, 2004).

Selain itu, analisis kondisi tanah menunjukkan bahwa pH tanah di lokasi penelitian sebesar 6. pH tanah merupakan indikator tingkat keasaman atau kebasaan suatu lahan, yang berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Secara umum, pH tanah optimal berkisar antara 6 hingga 7, karena pada rentang ini unsur hara lebih mudah larut dalam air dan diserap oleh tanaman (Rukmana *et al.*, 2019). Tumbuhan Ketul diketahui dapat hidup pada tanah dengan kisaran pH antara 4 hingga 9 (Mtenga & Ripanda, 2022), sehingga kondisi tanah di lokasi penelitian berada dalam rentang rentang yang sesuai untuk pertumbuhannya. Dengan demikian, pH tanah di lokasi penelitian termasuk dalam kategori optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Hasil Pendataan Parameter Lingkungan

No.	Lokasi	Parameter Lingkungan				
		pH	Intensitas Cahaya (lux)	N (mg)	P (mg)	K (mg)
1	Ternaungi	6	5828	2	3	9
2	Tidak ternaungi	6	32768	2	3	8

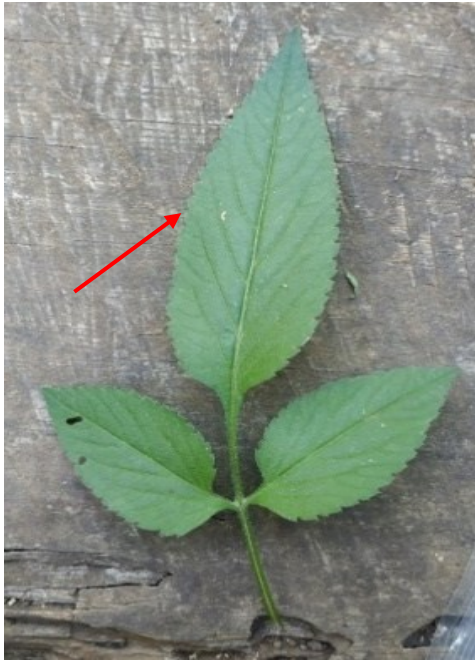
Analisis kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh pada kedua lokasi tidak jauh berbeda. Variabilitas dalam kandungan unsur hara ini dapat dikaitkan dengan beberapa faktor, seperti iklim, vegetasi, topografi, serta sifat fisik dan kimia tanah (Nopsagiarti *et al.*, 2020). Hasil pengukuran unsur kalium (K) yang lebih tinggi disebabkan karena karakteristik tanah liat yang pada umumnya mengandung lebih banyak unsur K dibandingkan tipe tanah lainnya (Damar *et al.*, 2020).

Unsur hara makro memiliki peran penting dalam pertumbuhan tanaman. Nitrogen (N) berfungsi dalam pembentukan protein dan asam amino serta mendukung pertumbuhan vegetatif. Fosfor (P) berperan dalam pembelahan sel, perkembangan akar, pembentukan buah, serta penyimpanan dan transfer energi. Sementara itu, kalium (K) berkontribusi dalam berbagai proses fisiologis, termasuk regulasi pembukaan stomata, pembentukan pati, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Pareira *et al.*, 2022). Hasil pengukuran parameter dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Perbandingan Karakteristik Morfologi dan Anatomi

Berdasarkan hasil pengamatan, sampel daun dari kedua lokasi menunjukkan karakter morfologi berbentuk ovate, dengan ujung acute, tulang daun penninervis (menyirip), dan tepi daun serrate (bergerigi) (Gambar 1). Karakteristik ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa *Bidens pilosa* memiliki daun berbentuk bulat telur hingga memanjang dengan panjang sekitar 3,1–6,2 cm dan lebar 1,2–3,1 cm. Selain itu, daun memiliki ujung runcing, pangkal tidak simetris, serta tepi bergerigi (Ash-shiddiqiyah *et al.*, 2021).

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.



Gambar 1. Bentuk Daun Ketul (*Bidens pilosa*)
Sumber. Dokumen Penulis

Perbedaan morfologi terlihat pada warna daun, di mana sampel dari lokasi dengan intensitas cahaya lebih tinggi memiliki warna yang lebih terang dibandingkan dengan sampel dari lokasi dengan intensitas cahaya lebih rendah. Hal ini berkaitan dengan kandungan klorofil, di mana tanaman yang tumbuh pada intensitas cahaya lebih rendah cenderung memiliki kadar klorofil yang lebih tinggi. 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.

Klorofil berperan sebagai indikator kehijauan daun dan sering digunakan untuk

mendeteksi defisiensi serta perubahan dalam kandungan pigmen tersebut (Liu *et al.*, 2019). Secara fisiologis, sintesis dan foto-oksidasinya klorofil dipengaruhi oleh cahaya. Meskipun cahaya diperlukan untuk sintesis klorofil, paparan berlebihan dapat menyebabkan degradasi pigmen klorofil, sehingga mengurangi kadarnya (Rezai *et al.*, 2018). Oleh karena itu, tanaman yang tumbuh di bawah intensitas cahaya lebih tinggi cenderung memiliki kadar klorofil yang lebih rendah dibandingkan dengan yang berada di lokasi teduh. Hasil analisis kadar klorofil dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Selain itu, sampel daun dari kedua lokasi penelitian menunjukkan perbedaan dalam luas daun. Sampel dari lokasi tidak ternaungi memiliki luas daun yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel dari lokasi dengan intensitas cahaya lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawati *et al.* (2018), yang menunjukkan bahwa tumbuhan yang tumbuh di lingkungan ternaungi cenderung memiliki luas daun lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan yang tumbuh di area terbuka. Perbedaan ini merupakan bentuk adaptasi fisiologis tanaman dalam merespons ketersediaan cahaya. Pada kondisi pencahayaan yang lebih rendah, tanaman memperluas area daun untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya untuk mengoptimalkan proses fotosintesis.

Tabel 2. Hasil Analisis Kadar Klorofil

No.	Lokasi	Rata- rata
1	Ternaungi	29,333
2	Tidak teraungi	27,267

Tabel 3. Hasil Pengamatan Morfologi Daun

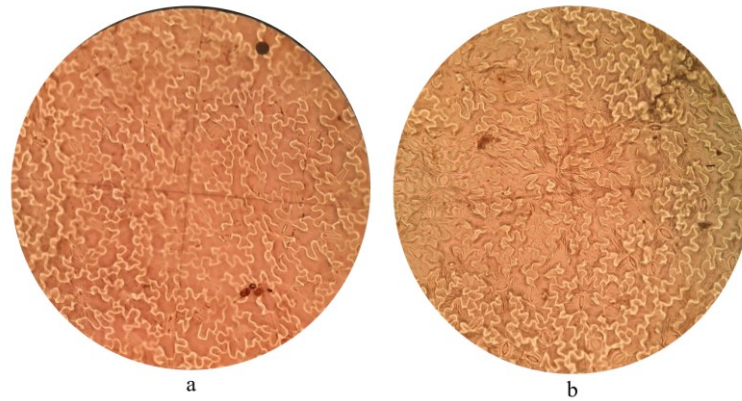
No.	Lokasi	Karakteristik Daun			
		Warna	Bentuk	Luas Daun (cm ²)	Rata-rata Tebal Daun (mm)
1	Ternaungi	Hijau tua	Ovate	4	0,19
2	Tidak teraungi	Hijau muda	Ovate	2,33	0,213

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa sampel daun dari tumbuhan yang tidak teraungi memiliki ketebalan lebih kecil dibandingkan dengan sampel dari tumbuhan yang teraungi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yao *et al.* (2017), yang mengungkapkan bahwa ketebalan daun berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang diterima. Pada kondisi intensitas cahaya rendah, terjadi pengurangan jaringan palisade dan spons, yang merupakan lokasi utama keberadaan kloroplas, dengan sebagian besar kloroplas berada di jaringan palisade. Sebagai bentuk adaptasi, kloroplas mengalami perubahan morfologi dan struktur, menjadi lebih panjang dan besar, sehingga meningkatkan jumlah grana dan lamela untuk memaksimalkan penyerapan cahaya matahari untuk fotosintesis. Hasil pengamatan morfologi dapat dilihat pada **Tabel 3.**

Analisis anatomi juga menunjukkan perbedaan dalam kerapatan stomata antara kedua sampel. Berdasarkan hasil yang diperoleh, tumbuhan pada daerah teraungi

memiliki kerapatan stomata sebesar 275,159 sel/mm², sedangkan tumbuhan pada daerah tidak teraungi memiliki kerapatan stomata sebesar 310,828 sel/mm² (**Gambar 2**).

Hasil mengindikasikan bahwa densitas stomata pada tumbuhan yang tumbuh di lingkungan teraungi lebih rendah dibandingkan dengan yang tumbuh di area terbuka. Stomata merupakan struktur yang berperan penting dalam proses fisiologis tanaman, terutama dalam regulasi pertukaran gas antara lingkungan internal dan eksternal serta proses transpirasi (Harrison *et al.*, 2020; Sakoda *et al.*, 2020). Kerapatan stomata yang lebih rendah pada tanaman di lingkungan teraungi menunjukkan adanya adaptasi terhadap kondisi pencahayaan yang lebih terbatas. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Sakhonwasee *et al.* (2017) terhadap tumbuhan petunia (*Petunia × hybrida* Vilm.) yang menunjukkan bahwa jumlah stomata berkurang secara signifikan ketika tanaman berada di lingkungan dengan intensitas cahaya rendah.



Gambar 2. Stomata Daun *B. pilosa* dibawah Mikroskop Cahaya dengan Perbesaran 400X. a) Pada lokasi ternaungi; b) Pada lokasi tidak ternaungi
Sumber. Dokumen Penulis

Dalam kondisi pencahayaan terbatas, tanaman cenderung mengurangi jumlah stomata sebagai mekanisme efisiensi dalam penggunaan air dan penyerapan karbon dioksida (CO₂) untuk fotosintesis. Pada intensitas cahaya rendah, laju fotosintesis menurun, sehingga regulasi stomata menjadi salah satu mekanisme adaptasi yang dilakukan tanaman (Dong *et al.*, 2025; Sihotang, 2017).

Intensitas cahaya yang rendah dapat menyebabkan penurunan densitas stomata, yang berkontribusi pada penghambatan transportasi CO₂, gangguan proses fotosintesis, serta peningkatan pembentukan ROS (*Reactive Oxygen Species*) yang dapat menyebabkan stres oksidatif pada tanaman (Shafiq *et al.*, 2021). Selain itu, peningkatan jumlah stomata pada tanaman di daerah tidak ternaungi disebabkan karena intensitas cahaya tinggi menyebabkan peningkatan laju fotosintesis sehingga lebih banyak stomata terbentuk dan pertukaran gas

semakin meningkat (Sakhonwasee *et al.*, 2017; Shafiq *et al.*, 2021). Hasil pengamatan anatomi dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Perbandingan Kandungan Fitokimia

Analisis kandungan fitokimia dilakukan untuk membandingkan komposisi senyawa bioaktif pada kedua sampel. Skrining fitokimia dalam penelitian ini dilakukan dengan metode uji kualitatif berbasis perubahan warna dan pembentukan endapan. Hasil uji menunjukkan bahwa tumbuhan Ketul (*Bidens pilosa*) mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin. Hasil ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Nakibuule *et al.* (2019), yang melaporkan bahwa *Bidens pilosa* memiliki berbagai kandungan fitokimia, termasuk alkaloid, saponin, tanin, dan flavonoid. Adapun intensitas cahaya mempengaruhi akumulasi dari senyawa-senyawa tersebut (Li *et al.*, 2020). Hasil skrining fitokimia dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Stomata

No.	Lokasi	Jumlah Stomata	Luas Bidang Pandang (mm ²)	Kerapatan sel/mm ²
1	Ternaungi	54	0,19625	275,16
2	Tidak ternaungi	61		310,83

Tabel 5. Hasil Skrining Fitokimia Sampel *B. pilosa*

No.	Lokasi	Skrining Fitokimia				
		Alkaloid	Flavonoid	Kuinon	Tanin	Saponin
1	Ternaungi	+	+	-	+	+
2	Tidak ternaungi	++	+	-	+	+

Uji alkaloid dilakukan menggunakan pereaksi Dragendorff, yang akan membentuk endapan berwarna coklat hingga oranye apabila bereaksi dengan alkaloid (Salamah & Ningsih, 2017). Alkaloid merupakan salah satu metabolit sekunder yang berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, termasuk cahaya (Zhang *et al.*, 2021). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua sampel dari lokasi berbeda memberikan hasil positif, namun jumlah endapan pada sampel dari lokasi tidak ternaungi lebih banyak. Hal ini mengindikasikan kandungan alkaloid yang lebih tinggi pada sampel tersebut.

Hasil ini sesuai dengan penelitian Pompelli *et al.* (2013) pada *Coffea arabica*, yang menunjukkan bahwa stres akibat intensitas cahaya tinggi dapat meningkatkan produksi alkaloid melalui induksi metabolisme nitrogen bebas. Alkaloid merupakan senyawa yang mengandung nitrogen, sehingga peningkatan ketersediaan nitrogen mendorong sintesis alkaloid secara lebih efisien (Esmaeili *et al.*, 2022; Pompelli

et al., 2013). Menurut Zhang *et al.* (2021), cekaman seperti paparan cahaya yang tinggi, dapat memicu tanaman untuk meningkatkan produksi metabolit sekunder sebagai respons adaptif untuk melindungi diri dari efek negatif radiasi. Selain itu, produksi alkaloid yang lebih tinggi pada tanaman di area terbuka dapat berhubungan dengan peningkatan aktivitas fotosintesis yang menghasilkan lebih banyak prekursor metabolisme sekunder (El-Beltagi *et al.*, 2023).

Selain alkaloid, dilakukan pula uji flavonoid, di mana hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi kuning (Ikalinus *et al.*, 2015). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua sampel mengandung flavonoid, meskipun tidak terdapat perbedaan signifikan dalam intensitas warna. Penelitian Li *et al.* (2016), menunjukkan bahwa kandungan flavonoid umumnya berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Namun, perbedaan yang tidak signifikan dalam hasil uji ini dapat disebabkan oleh metode ekstraksi yang kurang optimal, di mana pemanasan

berlebihan dapat mengurangi kandungan flavonoid karena sifatnya yang sensitif terhadap suhu tinggi (Septiani *et al.*, 2021).

Pada umumnya, kandungan flavonoid meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya. Hal ini berhubungan dengan fungsinya untuk perlindungan terhadap sinar UV (Panche *et al.*, 2016). Penelitian oleh Qin *et al.* (2024) terhadap menunjukkan bahwa dengan peningkatan intensitas cahaya, terjadi peningkatan flavonoid seperti antosianin dan apigenin. Hasil yang serupa ditemukan oleh Zhao *et al.* (2023), dimana intensitas cahaya yang tinggi memicu pembentukan flavonoid, flavonol, dan antosianin lebih tinggi pada *Sinopodophyllum hexandrum*.

Pengujian terhadap keberadaan kuinon menunjukkan hasil negatif pada kedua sampel, yang sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa *Bidens pilosa* tidak mengandung senyawa kuinon (Nakibuule *et al.*, 2019). Senyawa kuinon merupakan turunan fenol yang diketahui memiliki aktivitas biologis sebagai antifungi, antimalaria, antibakteri, antikanker, dan antioksidan (Kumari, 2015; Kurnia *et al.*, 2021; Warnasih & Hasanah, 2018).

Komposisi metabolit sekunder dalam suatu tanaman dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, ketersediaan air, dan jenis tanah (Reshi *et al.*, 2023). Produksi kuinon lebih umum ditemukan pada tanaman yang mengalami

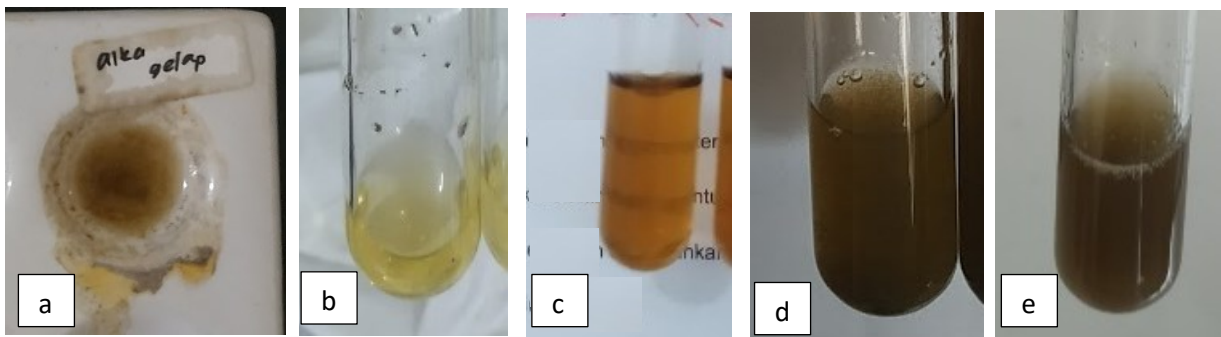
stres lingkungan tertentu, terutama yang tumbuh di habitat dengan paparan sinar UV tinggi atau kondisi yang meningkatkan produksi spesies oksigen reaktif (ROS), karena fungsinya dalam metabolisme antioksidan dan vitamin E (Devi & Mehendale, 2014). Ketidakhadiran kuinon pada *B. pilosa* dapat mengindikasikan bahwa tanaman ini menggunakan mekanisme perlindungan lain, seperti akumulasi flavonoid atau senyawa fenolik lainnya yang memiliki peran serupa dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif dan patogen.

Pada uji tanin, kedua sampel menunjukkan hasil positif, ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi hijau gelap. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nakibuule *et al.* (2019) yang mengungkapkan bahwa *Bidens pilosa* mengandung senyawa tanin. Namun, perbedaan diamati pada intensitas warna larutan akhir, di mana sampel dari lokasi dengan intensitas cahaya lebih tinggi menunjukkan warna yang lebih pekat dibandingkan sampel dari lokasi dengan intensitas lebih rendah. Hal ini konsisten dengan penelitian Kumari (2015) serta Warnasih & Hasanah, (2018), yang menyatakan bahwa kandungan tanin cenderung meningkat pada kondisi paparan cahaya tinggi karena perannya sebagai agen fotoproteksi dengan kemampuan menyerap sinar UV. Penelitian lain oleh Morris *et al.*

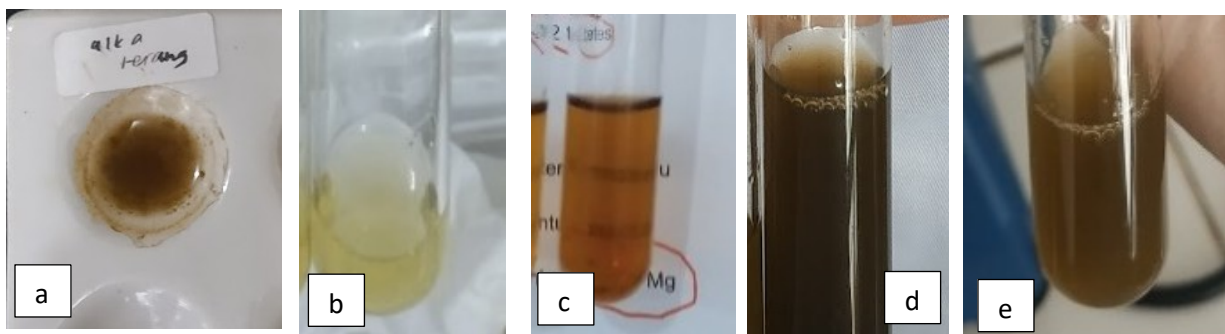
(2021) terhadap *Lotus corniculatus* juga mengungkapkan bahwa kandungan tanin meningkat pada intensitas cahaya tinggi akibat peningkatan proses hidroksilasi tanin.

Terakhir, uji saponin dilakukan dengan mengamati terbentuknya busa stabil sebagai indikator positif (Oktaviani *et al.*, 2021). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua sampel mengandung saponin dalam jumlah kecil, dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara lokasi ternaungi dan tidak ternaungi. Saponin merupakan senyawa yang berfungsi dalam melindungi tanaman dari serangan patogen dan herbivora (Mugford & Osbourn, 2012).

Kandungan saponin yang relatif serupa pada sampel dari kedua lokasi dapat mengindikasikan kondisi lingkungan yang aman dari serangan eksternal. Hal ini didasarkan dari studi oleh Szakiel *et al.* (2011) yang melaporkan bahwa tanaman yang tumbuh di lingkungan kurang optimal cenderung menunjukkan peningkatan kadar saponin sebagai respons terhadap stres abiotik. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lingkungan pertumbuhan tidak memberikan tekanan yang cukup signifikan untuk memicu perbedaan kandungan saponin yang besar antara kedua sampel.



Gambar 3. Hasil skrining fitokimia daun *B. pilosa* pada lokasi ternaungi. Dari kiri ke kanan: Uji alkaloid, uji flavonoid, uji saponin, uji tanin, dan uji kuinon
Sumber. Dokumen penulis



Gambar 4. Hasil skrining fitokimia daun *B. pilosa* pada lokasi tidak ternaungi. Dari kiri ke kanan: Uji alkaloid, uji flavonoid, uji saponin, uji tanin, dan uji kuinon
Sumber. Dokumen penulis

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil yang diperoleh. Salah satu keterbatasan utama adalah parameter lingkungan yang diukur masih terbatas, di mana penelitian ini belum mencakup faktor lain yang berpotensi memengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti kelembaban udara, suhu tanah, dan kadar air tanah. Selain itu, dalam analisis fitokimia, penelitian ini menggunakan metode uji kualitatif berbasis perubahan warna dan pembentukan endapan sebagai indikator keberadaan senyawa. Meskipun metode ini mampu memberikan gambaran umum mengenai kandungan fitokimia dalam sampel, penelitian ini belum mengukur kadar senyawa bioaktif secara kuantitatif. Oleh karena itu, informasi yang diperoleh masih bersifat deskriptif dan belum memberikan data numerik yang lebih akurat mengenai jumlah serta distribusi senyawa dalam sampel yang berasal dari lingkungan dengan tingkat pencahayaan berbeda.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat diusulkan untuk penelitian selanjutnya. Pertama, disarankan untuk dilakukan pengukuran parameter lingkungan yang lebih lengkap, seperti suhu tanah, kelembaban udara, serta intensitas cahaya pada berbagai waktu dalam sehari, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai faktor-faktor yang

memengaruhi pertumbuhan tanaman. Sementara itu, dalam analisis fitokimia, penelitian lanjutan sebaiknya menggunakan metode kuantitatif, seperti Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) atau Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS), untuk menentukan kadar masing-masing senyawa bioaktif secara lebih akurat.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap morfologi, anatomi, dan kandungan fitokimia *Bidens pilosa*. Sampel dari lokasi terbuka memiliki daun lebih kecil ($2,33 \text{ cm}^2$) dan lebih tebal ($0,213 \text{ mm}$), dengan kerapatan stomata lebih tinggi ($310,83 \text{ sel/mm}^2$) namun kandungan klorofil lebih rendah ($27,27 \text{ CCI}$). Sebaliknya, sampel dari lokasi ternaungi memiliki daun lebih besar (4 cm^2), lebih tipis ($0,19 \text{ mm}$), dengan kerapatan stomata lebih rendah ($275,16 \text{ sel/mm}^2$) tetapi kandungan klorofil lebih tinggi ($29,33 \text{ CCI}$). Analisis fitokimia menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kandungan alkaloid dan tanin lebih tinggi pada tanaman dari lokasi terbuka. Hasil ini menunjukkan bahwa *Bidens pilosa* beradaptasi terhadap intensitas cahaya melalui perubahan struktur morfologi dan anatomi, serta peningkatan produksi metabolit sekunder tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Ghany, R. H., Barakat, W. M., Shahat, A. A., Abd-Allah, W. E.-S., & Ali, E. A. (2016). In vitro and in vivo hepatoprotective activity of extracts of aerial parts of *Bidens pilosa* L (Asteraceae). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(11), 2371–2381.
<https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i11.11>
- Ali, M. C., Chen, J., Zhang, H., Li, Z., Zhao, L., & Qiu, H. (2019). Effective extraction of flavonoids from *Lycium barbarum* L. fruits by deep eutectic solvents-based ultrasound-assisted extraction. *Talanta*, 203, 16–22.
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.05.012>
- Anggraeni, E. V., & Anam, K. (2016). Identifikasi Kandungan Kimia dan Uji Aktivitas Antimikroba Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 87–93.
- Ansari, P., Flatt, P. R., Harriott, P., & Abdel-Wahab, Y. H. A. (2020). Evaluation of the Antidiabetic and Insulin Releasing Effects of *A. squamosa*, Including Isolation and Characterization of Active Phytochemicals. *Plants*, 9(10), 1348.
<https://doi.org/10.3390/plants9101348>
- Ash-shiddiqiyah, A. N., Khotimperwati, L., & Murningsih. (2021). Variasi Morfologis *Bidens* di Kota Semarang Berdasarkan Ketinggian Tempat. *NICHE Journal of Tropical Biology*, 4(1), 23–32.
- Ashraf, M. A., Iqbal, M., Rasheed, R., Hussain, I., Riaz, M., & Arif, M. S. (2018). Environmental Stress and Secondary Metabolites in Plants. In *Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress* (pp. 153–167). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812689-9.00008-X>
- Cahyaningsih, R., Magos Brehm, J., & Maxted, N. (2021). Setting the priority medicinal plants for conservation in Indonesia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(5), 2019–2050.
<https://doi.org/10.1007/s10722-021-01115-6>
- Damar, H., Ziadi, N., Lafond, J., & Parent, L. (2020). Potassium transformation in clay soil with contrasting K budgets in long-term experiment. *Agronomy Journal*, 112(6), 5180–5192.
<https://doi.org/10.1002/agj2.20379>
- Darko, E., Hamow, K. A., Marček, T., Dernovics, M., Ahres, M., & Galiba, G. (2022). Modulated Light Dependence of Growth, Flowering, and the Accumulation of Secondary Metabolites in Chilli. *Frontiers in Plant Science*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.801656>
- Devi, S. S., & Mehendale, H. M. (2014). Quinone. In *Encyclopedia of Toxicology* (pp. 26–28). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00350-X>
- Dewi, R., Nugrayani, D., Sanjayasari, D., & Endrawati, H. (2016). Potensi Kandungan Pigmen Florogil a dan b Beberapa Rumput Laut Genus *Gracilaria*: Optimalisasi Kandungan Karbohidrat. *Jurnal Harpodon Borneo*, 9(1), 86–92.
- Dong, X., Lin, H., Wang, F., Shi, S., Ma, J., & He, X. (2025). Effects of Increasing CO₂ Concentration on Crop Growth and Soil Ammonia-Oxidizing Microorganisms in a Fababean (*Vicia faba* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* Yunmai) Intercropping System. *Plants*, 14(4), 516.
<https://doi.org/10.3390/plants14040516>
- Effendy, S., Neldi, V., & Ramadhani, P. (2024). Penetapan Kadar Flavonoid Total dan Fenol Total Serta Uji Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Etanol Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Farmasi Higea*, 16(1), 72–80.
- El-Beltagi, H. S., El-Sayed, S. M., Abdelhamid, A. N., Hassan, K. M., Elshalakany, W. A., Nossier, M. I.,

- Alabdallah, N. M., Al-Harbi, N. A., Al-Qahtani, S. M., Darwish, D. B. E., Abbas, Z. K., & Ibrahim, H. A. (2023). Potentiating Biosynthesis of Alkaloids and Polyphenolic Substances in *Catharanthus roseus* Plant Using κ -Carrageenan. *Molecules*, 28(8), 3642. <https://doi.org/10.3390/molecules28083642>
- Esmaeili, S., Aliniaiefard, S., Dianati Daylami, S., Karimi, S., Shomali, A., Didaran, F., Telesiński, A., Sierka, E., & Kalaji, H. M. (2022). Elevated light intensity compensates for nitrogen deficiency during chrysanthemum growth by improving water and nitrogen use efficiency. *Scientific Reports*, 12(1), 10002. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14163-4>
- Estell, R. E., Fredrickson, E. L., & James, D. K. (2016). Effect of light intensity and wavelength on concentration of plant secondary metabolites in the leaves of *Flourensia cernua*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 65, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.02.019>
- Etika, M., & Giyatmi. (2020). Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Mutu Teh Daun Ketul (*Bidens pilosa* L.). *Jurnal Teknologi Pangan Dan Kesehatan*, 2(1), 13–25.
- F. Pompelli, M., M. Pompelli, G., F. M. de Oliveira, A., & C. Antunes, W. (2013). The effect of light and nitrogen availability on the caffeine, theophylline and allantoin contents in the leaves of *Coffea arabica* L. *AIMS Environmental Science*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.3934/environsci.2013.1.1>
- Fauziah, A., Izzah, A. S., & Zahrotul. (2019). Analisis Tipe Stomata Pada Daun Tumbuhan Menggunakan Metode Stomatal Printing. *Prosiding Seminar Nasional HAYATI VII Tahun 2019*, 34–39.
- Francis, B., & Gilman, R. T. (2019). Light intensity affects leaf morphology in a wild population of *Adenostyles alliariae* (Asteraceae). *Italian Botanist*, 8, 35–45. <https://doi.org/10.3897/italianbotanist.8.39393>
- Gang, C., Suping, W., Xiang, H., Juan, H., Lei, D., Lihong, Z., & Lixia, Y. (2015). Environmental factors affecting growth and development of Banlangen (*Radix Isatidis*) in China. *African Journal of Plant Science*, 9(11), 421–426. <https://doi.org/10.5897/AJPS2015.1266>
- Ghorbanzadeh, P., Aliniaiefard, S., Esmaeili, M., Mashal, M., Azadegan, B., & Seif, M. (2021). Dependency of Growth, Water Use Efficiency, Chlorophyll Fluorescence, and Stomatal Characteristics of Lettuce Plants to Light Intensity. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(5), 2191–2207. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10269-z>
- Goudoum, A., Abdou, A. B., Ngamo, L. S. T., Ngassoum, M. B., & Mboufung, C. M. F. (2016). Antioxidant activities of essential oil of *Bidens pilosa* (Linn. Var. *Radita*) used for the preservation of food qualities in North Cameroon. *Food Science & Nutrition*, 4(5), 671–678. <https://doi.org/10.1002/fsn3.330>
- Handayani, R., Rustamsyah, A., Perdana, F., Ihsan, S., & Suwandi, D. W. (2017). Studi Pendahuluan Fitokimia Tanaman Koleksi Arboretum Legok Pulus Garut. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, 4(2), 103–107.
- Harrison, E. L., Cubas, L. A., Gray, J. E., & Hepworth, C. (2020). The influence of stomatal morphology and distribution on photosynthetic gas exchange. *The Plant Journal*, 101(4), 768–779. <https://doi.org/10.1111/tpj.14560>
- Ikalinus, R., Widyastuti, S. K., & Setiasih, N. L. E. (2015). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Batang Kelor (*Moringa oleifera*). *Indonesia Medicus Veterinus*, 4(1), 71–79.
- Jang, Y. A., & Kim, S. G. (2019). Inhibitory

- Activity of Blueberries on UVB induced Oxidative Stress and Matrix Metalloproteinase Expression in Human Skin Fibroblasts. *Journal of Life Science*, 29(12), 1321–1328. <https://doi.org/https://doi.org/10.5352/JLS.2019.29.12.1321>
- Juhaeti, T., Setyowati, N., & Syarif, F. (2020). The chlorophyll contents and growth performances of West Java (Indonesia) jobtears (*Coix lacrym-jobi*) accessions under low light intensity conditions. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(11). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211124>
- Kato-Noguchi, H., & Kurniadie, D. (2024). The Invasive Mechanisms of the Noxious Alien Plant Species *Bidens pilosa*. *Plants*, 13(3), 356. <https://doi.org/10.3390/plants13030356>
- Kumari, M. (2015). Screening of Potential Sources of Tannin and Its Therapeutic Application. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(2), 26. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.s.2015040201.15>
- Kurnia, K. A., Widyatamaka, S. Q., Paujiah, S., & Prayuda, M. E. (2021). Isolasi Senyawa Turunan Kuinon dari Tanaman. *Syntax Idea*, 3(6), 1361–1369.
- 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>
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
- Liang, Y.-C., Lin, C.-J., Yang, C.-Y., Chen, Y.-H., Yang, M.-T., Chou, F.-S., Yang, W.-C., & Chang, C. L.-T. (2020). Toxicity study of *Bidens pilosa* in animals. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 10(2), 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2019.04.002>
- Liu, C., Liu, Y., Lu, Y., Liao, Y., Nie, J., Yuan, X., & Chen, F. (2019). Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity. *PeerJ*, 6, e6240. <https://doi.org/10.7717/peerj.6240>
- Ma, X., Song, L., Yu, W., Hu, Y., Liu, Y., Wu, J., & Ying, Y. (2015). Growth, physiological, and biochemical responses of *Camptotheca acuminata* seedlings to different light environments. *Frontiers in Plant Science*, 6(321). <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00321>
- Maghfiroh, J. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Biologi*. <http://seminar.uny.ac.id/sembiouny2017/sites/seminar.uny.ac.id/sembiouny2017/files/B7a.pdf>
- Miao, C., Yang, S., Xu, J., Wang, H., Zhang, Y., Cui, J., Zhang, H., Jin, H., Lu, P., He, L., Yu, J., Zhou, Q., & Ding, X. (2023). Effects of Light Intensity on Growth and Quality of Lettuce and Spinach Cultivars in a Plant Factory. *Plants*, 12(18), 3337. <https://doi.org/10.3390/plants12183337>
- Morelli, L., Paulišić, S., Qin, W., Iglesias-Sanchez, A., Roig-Villanova, I., Florez-Sarasa, I., Rodriguez-Concepcion, M., & Martinez-Garcia, J. F. (2021). Light signals generated by vegetation shade facilitate acclimation to low light in shade-avoider plants. *Plant Physiology*, 186(4), 2137–2151.

- <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab206>
- Morris, P., Carter, E. B., Hauck, B., Lanot, A., Theodorou, M. K., & Allison, G. (2021). Responses of Lotus corniculatus to environmental change 3: The sensitivity of phenolic accumulation to growth temperature and light intensity and effects on tissue digestibility. *Planta*, 253(2), 35. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03524-w>
- Mtenga, D. V., & Ripanda, A. S. (2022). A review on the potential of underutilized Blackjack (*Biden Pilosa*) naturally occurring in sub-Saharan Africa. *Heliyon*, 8, e09586. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09586>
- Mugford, S. T., & Osbourn, A. (2012). Saponin Synthesis and Function. In *Isoprenoid Synthesis in Plants and Microorganisms* (pp. 405–424). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4063-5_28
- Nakibuule, M. K., Ntulume, I., Mwandah, D. C., Tibyangye, J., Bashir, A., Odoki, M., Ookoche, D., Maniga, J. N., Emmanue, E., Kwizera, E., Richard, B., & Aliero, A. A. (2019). Antibacterial Activity of Crude Flavonoid Fraction from *Bidens pilosa* Leaves against Selected Chronic Wound Bacterial Pathogens. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 1–13. <https://doi.org/10.9734/jocamr/2019/v8i130115>
- Nisyapuri, F. F., Iskandar, J., & Partasmita, R. (2018). Studi Etnobotani Tumbuhan Obat di Desa Wonoharjo, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 4(2), 122–132. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m040205>
- Nopsagiarti, T., Okalia, D., & Marlina, G. (2020). Analisis C-Organik, Nitrogen dan C/N Tanah pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 5(1), 11–18.
- Oktaviani, D., Yuniastuti, A., & Christijanti, W. (2021). Aktivitas Antioksidan dari Pati Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta* L.) Pada Tikus Hiperkolestroemia. *Prosiding Semnas Biologi Ke-9 Tahun 2021*, 172–177.
- Pan, Y., Tang, S., Wei, C., & Li, X. (2017). Comparison of growth, photosynthesis and phenotypic plasticity between invasive and native *Bidens* species under different light and water conditions. *Biodiversity Science*, 25(12), 1257–1266. <https://doi.org/10.17520/biods.2016366>
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Pang, Z., Chen, J., Wang, T., Gao, C., Li, Z., Guo, L., Xu, J., & Cheng, Y. (2021). Linking Plant Secondary Metabolites and Plant Microbiomes: A Review. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.621276>
- Pareira, M. S., Naikofi, K. I., Ndua, N. D. D., & Binsasi, Y. (2022). Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Cair pada Kelompok Tani Bilubahan. *Jurnal Altifani*, 2(6), 627–633.
- Qin, Y., Liu, X., Li, C., Chu, Q., Cheng, S., Su, L., Shao, D., Guo, X., He, Z., & Zhou, X. (2024). Effect of light intensity on celery growth and flavonoid synthesis. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1326218>
- Reshi, Z. A., Ahmad, W., Lukatkin, A. S., & Javed, S. Bin. (2023). From Nature to Lab: A Review of Secondary Metabolite Biosynthetic Pathways, Environmental Influences, and In Vitro Approaches. *Metabolites*, 13(8), 895. <https://doi.org/10.3390/metabo13080895>

- Rezai, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Yousefi, M., & Majidi, M. M. (2018). Effect of Light Intensity on Leaf Morphology, Photosynthetic Capacity, and Chlorophyll Content in Sage (*Salvia officinalis* L.). *Horticultural Science and Technology*, 36(1), 46–57. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20180006>
- Rizki, & Leilani, I. (2017). Etnofarmakologi Tumbuhan Familia Rhizophoraceae oleh Masyarakat di Indonesia. *Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 3(1), 51–60.
- Rukmana, A., Susilawati, H., & Galang. (2019). Pencatat pH Tanah Otomatis. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Teknik Elektro Telekomunikasi Indonesia*, 10(1), 25–32.
- Sakhonwasee, S., Tummachai, K., & Nimnoy, N. (2017). Influences of LED Light Quality and Intensity on Stomatal Behavior of Three Petunia Cultivars Grown in a Semi-closed System. *Environment Control in Biology*, 55(2), 93–103. <https://doi.org/10.2525/ecb.55.93>
- Sakoda, K., Yamori, W., Shimada, T., Sugano, S. S., Hara-Nishimura, I., & Tanaka, Y. (2020). Higher Stomatal Density Improves Photosynthetic Induction and Biomass Production in Arabidopsis Under Fluctuating Light. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.589603>
- Salamah, N., & Ningsih, D. S. (2017). Total alkaloid content in various fractions of *Tabernaemontana sphaerocarpa* Bl. (Jembirit) leaves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 259, 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/259/1/012017>
- Seko, M. H., Sabuna, A. C., & Ngginak, J. (2021). Ekstrak Etanol Daun Ajeran Sebagai Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus*. *The Journal of Biosciences*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.24114/jbio.v7i1.22671>
- Seniwaty, Raihanah, Nugraheni, I. K., & Umaningrum, D. (2009). Skrining Fitokimia dari Alang-Alang (*Imperata cylindrica* L. Beauv) dan Lidah Ular (*Hedyotis corymbosa* L. Lamk). *Sains Dan Terapan Kimia*, 3(2), 124–133.
- Septiani, G., Susanti, S., & Sucitra, F. (2021). Effect of Different Extraction Method on Total Flavonoid Contents of *Sansevieria trifasciata* P. Leaves Extract. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 7(2), 143–150. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2021.v7.i2.15573>
- Seran, L., Herak, R., & Luhe, A. (2021). Penyembuhan Penyakit Diare dan Infeksi Luka dengan Ekstrak Daun Ketul (*Bidens pilosa* L.). *Open Journal Systems*, 16(5), 6917–6931.
- 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, Tia, & Syamsi, I. F. (2019). Karakteristik Stomata Berdasarkan Estimasi Waktu dan Perbedaan Intensitas Cahaya Pada Daun *Hibiscus tiliaceus* Linn. di Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Pro-Life*, 6(2), 148–159.
- Shafiq, I., Hussain, S., Raza, M. A., Iqbal, N., Asghar, M. A., Raza, A., Fan, Y., Mumtaz, M., Shoab, M., Ansar, M., Manaf, A., Yang, W., & Yang, F. (2021). Crop photosynthetic response to light quality and light intensity. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 4–23. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63227-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63227-0)
- Sihotang, L. (2017). Analisis Densitas Stomata Tanaman Antanan (*Centella asiatica*) dengan Perbedaan Intensitas Cahaya. *Jurnal Pro-Life*, 4(2), 329–

- 338.
- Soamole, H. H., Sanger, G., & Harikedua, S. D. (2018). Kandungan Fitokimia Ekstrak Etanol Rumput Laut Segar (*Turbinaria* sp., *Gracilaria* sp., dan *Halimeda macroloba*). *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(3), 94–98.
- Szakiel, A., Pączkowski, C., & Henry, M. (2011). Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. *Phytochemistry Reviews*, 10(4), 471–491. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9177-x>
- Tang, W., Guo, H., Baskin, C. C., Xiong, W., Yang, C., Li, Z., Song, H., Wang, T., Yin, J., Wu, X., Miao, F., Zhong, S., Tao, Q., Zhao, Y., & Sun, J. (2022). Effect of Light Intensity on Morphology, Photosynthesis and Carbon Metabolism of Alfalfa (*Medicago sativa*) Seedlings. *Plants*, 11(13), 1688. <https://doi.org/10.3390/plants11131688>
- Wakhidah, A. Z. (2020). Rumput Kebar (*Biophytum umbraculum* Welw): Pemanfaatannya di Indonesia, Fitokimia, dan Bioaktivitas. *Jurnal Pro-Life*, 7(2), 99–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.33541/pro-life.v7i2.1943>
- Wang, L. (2014). Physiological and Molecular Responses to Variation of Light Intensity in Rubber Tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *PLoS ONE*, 9(2), e89514. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089514>
- Wang, R., Yan, W. B., Quan, G. M., Liu, S., & Zhang, J. E. (2017). Effects of light intensity on morphology and physiology of exotic invasive *Bidens pilosa* L. and non-invasive congener *Bidens bipinnata* L. *Allelopathy Journal*, 42(1), 157–168. <https://doi.org/10.26651/2017-42-1-1113>
- Warnasih, S., & Hasanah, U. (2018). Phytochemical Characterization and Tannin Stability Test From Kluwek (*Pangium edule* Reinw). *Journal of Science Innovare*, 1(2), 44–49.
- Widiastuti, L., Tohari, & Sulistyanyingsih, E. (2004). Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kadar Daminosida Terhadap Iklim Mikro dan Pertumbuhan Tanaman Krisan Dalam Pot. *Ilmu Pertanian*, 11(2), 35–42.
- Xu, M. Y., Wu, K., Liu, Y., Liu, J., & Tang, Z. (2020). Effects of light intensity on the growth, photosynthetic characteristics, and secondary metabolites of *Eleutherococcus senticosus* Harms. *Photosynthetica*, 58(3), 881–889. <https://doi.org/10.32615/ps.2020.045>
- Xuan, T. D., & Khanh, T. D. (2016). Chemistry and pharmacology of *Bidens pilosa*: an overview. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, 46(2), 91–132. <https://doi.org/10.1007/s40005-016-0231-6>
- Yao, X., Liu, X., Xu, Z., & Jiao, X. (2017). Effects of light intensity on leaf microstructure and growth of rape seedlings cultivated under a combination of red and blue LEDs. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(1), 97–105. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61393-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61393-X)
- Zargoosh, Z., Ghavam, M., Bacchetta, G., & Tavili, A. (2019). Effects of ecological factors on the antioxidant potential and total phenol content of *Scrophularia striata* Boiss. *Scientific Reports*, 9(1), 16021. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52605-8>
- Zhang, S., Zhang, L., Zou, H., Qiu, L., Zheng, Y., Yang, D., & Wang, Y. (2021). Effects of Light on Secondary Metabolite Biosynthesis in Medicinal Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.781236>
- Zhao, Q., Dong, M., Li, M., Jin, L., & Paré, P. W. (2023). Light-Induced Flavonoid

- Biosynthesis in *Sinopodophyllum hexandrum* with High-Altitude Adaptation. *Plants*, 12(3), 575. <https://doi.org/10.3390/plants12030575>
- Zhou, R., Su, W. H., Zhang, G. F., Zhang, Y. N., & Guo, X. R. (2016). Relationship between flavonoids and photoprotection in shade-developed *Erigeron breviscapus* transferred to sunlight. *Photosynthetica*, 54(2), 201–209. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0074-4>