

Tanggap Pertumbuhan dan Pengakumulasian Metabolit Sekunder pada Tumbuhan Heliofitik Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) terhadap Paparan Ultraviolet

*The Growth Response and Secondary Metabolites Accumulation in Heliophytic Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) Exposed to Ultraviolet*

Muhammad Idris^{*)†}, Shintiya Rahmadhani Putri[†] dan Suwirmen

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Universitas Andalas Limau Manis, Padang, Sumatera Barat – 25163, Indonesia

^{*)}Penulis untuk korespondensi E-mail: midris@sci.unand.ac.id

[†]Penulis dengan kontribusi yang setara

Diajukan: 13 Agustus 2024 /Diterima: 13 Oktober 2024 /Dipublikasi: 29 November 2024

ABSTRACT

*Ultraviolet (UV) is a component of sunlight that had significant impacts to plant growth. Tropical plants typically adapt to high light intensity, including UV. Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) is a heliophyte plants that might be UV-adapted. This study explored the effect of natural UV on the growth and secondary metabolite accumulation in karamunting seedlings. This experiment was conducted at Universitas Andalas Limau Manis campus, Padang, in the open area (about 255 m above sea level). It has been done from April to June 2022. An experimental method was used for comparing response of seedlings between UV-exposed to non-exposed ones. About 30 seedlings were used for each treatment, and experiment was conducted for about eight weeks. The results showed that no significant differences (t-test, $p < 0.05$) were observed in plant height, leaf number, leaf area, or chlorophyll content between exposed and non-exposed seedlings for eight weeks. Regression analysis showed that seedling age affected height increment under UV. Secondary metabolite analysis revealed significant anthocyanin accumulation in UV-exposed seedlings, but no increase in flavonoid content. Overall, natural UV had no significant impact on the growth of karamunting seedlings which indicated that this species categorized as heliophytes.*

Keywords: anthocyanins; flavonoids; growth; heliophytes; ultraviolet (UV)

INTISARI

Ultraviolet (UV) merupakan salah satu komponen sinar matahari yang memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Tumbuhan tropis biasanya beradaptasi dengan intensitas cahaya yang tinggi, termasuk UV. Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) merupakan tumbuhan heliofit yang diduga adaptif terhadap paparan UV. Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh UV dilingkungan alami terhadap pertumbuhan dan akumulasi metabolit sekunder pada anakan karamunting. Penelitian ini dilaksanakan di kampus Universitas Andalas Limau Manis, Padang, pada area terbuka dengan ketinggian 255 m di atas permukaan laut. Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan April sampai dengan Juni 2022. Metode eksperimen digunakan untuk membandingkan respon anakan karamunting antara yang terpapar UV dengan yang tidak terpapar. Sebanyak 30 anakan digunakan untuk setiap perlakuan, dimana eksperimen dilakukan selama delapan minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata (uji-t, $p < 0,05$) yang diamati pada tinggi anakan, jumlah daun, luas daun, atau kandungan klorofil antara tumbuhan yang terpapar dan tidak terpapar UV selama delapan minggu. Analisis regresi menunjukkan bahwa umur anakan

berpengaruh terhadap penambahan tinggi di bawah UV. Pemberian paparan UV berpengaruh nyata terhadap akumulasi antosianin pada anakan karamunting, tetapi tidak nyata terhadap peningkatan kandungan flavonoid. Secara keseluruhan, sinar UV alami tidak memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan anakan karamunting yang mengindikasikan bahwa spesies ini tergolong tumbuhan heliofit.

Kata kunci: antosianin; flavonoid; heliofit; pertumbuhan; ultraviolet (UV)

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis, di wilayah khatulistiwa, dimana rata-rata paparan cahaya matahari tergolong tinggi setiap harinya. Hal tersebut sangat berpengaruh kepada tumbuhan terutama terhadap proses pertumbuhan vegetatifnya (Afidah, Karyawati, dan Sitompul, 2019; Kendari *et al.*, 2022). Paparan sinar matahari memiliki dua komponen utama berupa cahaya tampak pada panjang gelombang 400-700 nm, serta gelombang pendek cahaya matahari yang mengandung sinar ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 100-400 nm. Cahaya tampak memiliki energi foton yang rendah berbanding terbalik dengan cahaya UV dengan energi foton yang tinggi (Apriyanti, Ratnawati dan Kawuri, 2021). Sinar UV yang terdapat pada cahaya matahari, terdiri atas UV-C (100-280 nm), UV-B (280-315 nm) dan UV-A (315-400 nm). Dari total UV yang dipancarkan oleh cahaya matahari, hanya UV-A dan sebagian kecil UV-B (0,15%) dapat melewati lapisan ozon dan sampai ke permukaan bumi, sedangkan UV-C diserap total oleh lapisan ozon. Sejak tahun 2010, jumlah paparan UV-B yang masuk ke permukaan bumi semakin meningkat karena efek pemanasan global yang meningkatkan kerusakan lapisan ozon

(Isfardiyana & Safitri, 2014; Xie *et al.*, 2023).

Paparan UV secara fisiologis memberi pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung (Wimudi dan Fuadiyah, 2021). Salah satu efek UV penting berupa penurunan laju fotosintesis yang berakibat langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Davey *et al.*, 2012). Efek UV pada tingkat molekuler adalah berkurangnya stabilitas gen karena kerusakan DNA (Gill *et al.*, 2015). Tumbuhan mengembangkan sistem proteksi terhadap paparan UV (terutama UV-B) melalui mekanisme pensinyalan yang dikontrol oleh fotoreseptor *UV RESISTANT LOCUST-8* (UVR8), dimana penelitian fotoreseptor UVR8 intens dilakukan selama lebih dari satu dasawarsa (Jenkins, 2017). Respon fotoproteksi yang mudah diamati pada tumbuhan berupa penghambatan pertumbuhan hipokotil dan koleoptil, peningkatan akumulasi metabolit sekunder terutama flavonoid dan antosianin, serta peningkatan sistem pertahanan tumbuhan dari serangan patogen (Yin & Ulm, 2017; Idris *et al.*, 2021; Widiastuti *et al.*, 2024).

Tumbuhan karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa* (Aiton) Hassk.) merupakan tumbuhan liar asli Asia Tenggara. Tumbuhan

ini ditemukan tumbuh subur di dataran rendah yang panas dan terbuka terhadap paparan langsung cahaya matahari. Tumbuhan ini juga banyak ditemukan tumbuh pada ketinggian 2400 mdpl pada kondisi tanah yang miskin unsur hara dan terbuka. Selain itu, tumbuhan ini juga mampu tumbuh baik di ekosistem yang mengalami kerusakan (Liu *et al.*, 2013; Vo & Ngo, 2019). Tumbuhan ini adaptif dengan kondisi ekstrim terutama intensitas cahaya tinggi (heliofitik). Oleh karena itu, tumbuhan ini banyak digunakan untuk konservasi tanah dan air, serta perbaikan ekosistem yang mengalami kerusakan di pegunungan seperti halnya yang dilakukan di daerah China. Selain itu, tumbuhan ini juga tergolong sebagai potential functional food and edible medicinal herb sehingga memiliki potensi besar dikembangkan kedepannya (Liu *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2014; Vo and Ngo, 2019; Zhao *et al.*, 2020). Namun, keberadaan populasi tumbuhan ini semakin berkurang karena tidak adanya upaya pembudidayaannya dan aktivitas antropogenik sehingga perlu dilakukan upaya konservasi dengan memahami bagaimana responnya terhadap perubahan lingkungan yang cukup ekstrim saat ini (Xie *et al.*, 2021; Nakkaew *et al.*, 2023).

Berdasarkan uraian diatas, dapat diketahui bahwa karamunting merupakan tumbuhan yang adaptif terhadap paparan cahaya matahari tinggi. Pada penelitian ini, respon tumbuhan karamunting terhadap paparan UV lingkungan dianalisis dengan memvariasikan intensitas UV yang diterima

oleh tumbuhan. Penelitian ini diharapkan menjadi informasi dasar pengembangan karamunting sebagai tanaman pertanian, terutama tanaman buah. Selain itu, penelitian ini menjadi dasar dalam pengkajian resiliensi tumbuhan tropis terhadap perubahan iklim global terutama paparan sinar UV (UV-B).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari sampai Juni tahun 2022 dimana perlakuan UV diberikan dari bulan April sampai Juni, berlokasi di Kampus Universitas Andalas (UNAND), Limau Manis Padang. Penelitian dilanjutkan pada laboratorium Biota Sumatera dan laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.

Material

Pada penelitian ini, bibit anakan karamunting berumur sekitar 6 bulan yang berasal dari stek dipersiapkan sebagai sampel perlakuan. Bibit ditanam pada polybag yang berisi tanah ultisol sesuai dengan habitat umum karamunting dilingkungan kampus Universitas Andalas. Anakan tersebut telah diadaptasi terlebih dahulu pada lingkungan ternaung dengan menempatkannya di bawah kanopi pohon sebelum diberi perlakuan pada area terbuka. Pada penelitian ini, plastik yang meneruskan UV (terpapar UV) dan plastik yang mengurangi atau menyerap UV (tidak terpapar UV) dipasangkan pada rangka kayu

membentuk sungkup. Intensitas UV diukur menggunakan UV light-meter (YK-35UV).

Cara Kerja

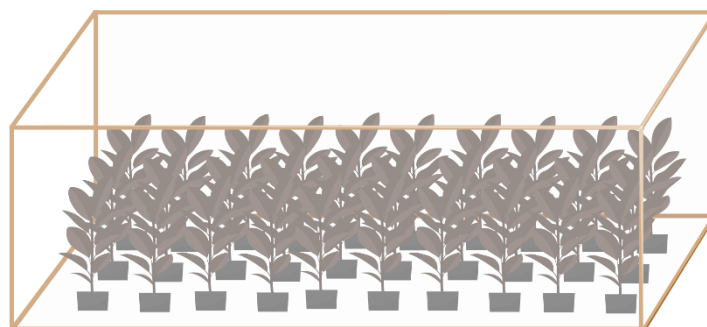
Persiapan sungkup plastik

Sungkup dibuat dari plastik yang meneruskan dan memantulkan sinar UV. Plastik yang digunakan didapatkan dari toko pertanian dan dilakukan pengukuran terhadap intensitas UV yang diteruskan atau diserap menggunakan UV light-meter. Beberapa jenis plastik diujikan dan diukur nilai intensitas UV-nya sebelum digunakan pada penelitian. Ukuran sungkup adalah panjang 3 m, lebar 1 m dan tinggi 1 m, serta memiliki ketebalan yang sama. Setiap plastik diberi kerangka kayu dimana salah satu sisinya terbuka untuk menyungkup sampel perlakuan (Gambar 1). Penggunaan sungkup mengacu kepada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rai (2020) dimana hanya

bagian atas dan sisi menghadap timur dan barat yang ditutupi plastik, sedangkan bagian utara dan selatan ditutupi plastik berventilasi sehingga sirkulasi udara berjalan baik, temperatur dan kelembaban sama diantara kedua sungkup.

Perlakuan bibit tumbuhan karamunting di lapangan (area terbuka)

Bibit yang dipelihara di bawah kanopi dipindahkan ke lapangan (area terbuka) dan diberi perlakuan yaitu; (1) disungkup dengan sungkup plastik yang meneruskan UV (terpapar UV) dan (2) disungkup dengan sungkup plastik yang menyerap UV (tidak terpapar UV). Perlakuan pemaparan UV ini dilakukan selama 8 minggu dengan mengikuti pola fotoperiodisme daerah tropis (12 jam gelap/12 jam terang) dengan paparan penuh UV sekitar pukul 08.00-16.00 WIB.



Gambar 1. Sketsa bentuk sungkup plastik dengan plastik transparan yang meneruskan (terpapar UV) dan mengurangi atau menyerap (tidak terpapar UV) dengan ukuran 3 x 1 x 1 (m³). Jenis plastik terpilih sesuai dengan kriteria perlakuan digunakan sebagai sungkup.

Pengukuran intensitas UV (area terbuka)

Pengukuran intensitas UV selama eksperimen lapangan dilakukan dengan UV light meter. Data perbandingan paparan UV di Sumatera Barat selama penelitian diperoleh dari BMKG Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Koto Tabang, Kab. Agam Sumatera Barat. Data yang dikoleksi selama eksperimen menggunakan UV light meter dibandingkan dengan data hasil koleksi dari lembaga di atas selama waktu perlakuan. Pengukuran intensitas UV dilakukan satu kali perhari untuk mendapatkan gambaran paparan UV selama perlakuan yaitu delapan minggu.

Parameter Pengamatan

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap pertambahan tinggi tanaman, pertambahan jumlah daun, luas daun (Easlon and Bloom, 2014), kandungan klorofil (Witham, Blaydes & Devlin, 1986), kandungan antosianin (Mancinelli, 1984), dan kandungan flavonoid (Lois, 1994). Pengukuran pertambahan tinggi dan penghitungan pertambahan jumlah daun dilakukan setiap minggu selama delapan minggu perlakuan. Perhitungan luas daun dan analisis kandungan klorofil, antosianin dan flavonoid dilakukan pada akhir perlakuan, 8 minggu setelah paparan UV.

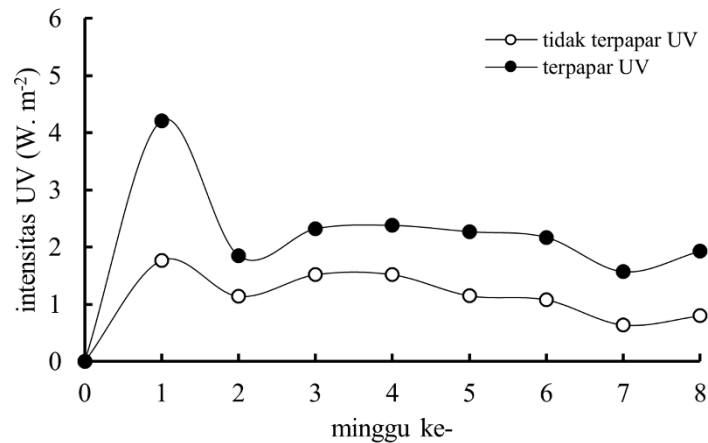
Analisis data

Data perhitungan dan pengukuran yang dikoleksi selama pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis perbandingan antara perlakuan tidak terpapar UV dengan yang terpapar UV. Data dianalisis menggunakan uji t-test tidak berpasangan dua arah dengan variasi yang sama pada taraf $P < 0,05$.

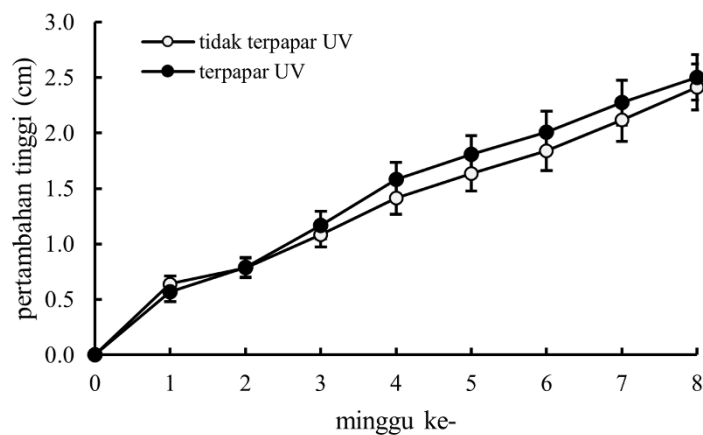
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi paparan UV selama perlakuan dilapangan

Selama pengamatan dilakukan pengukuran intensitas UV di lapangan, diperoleh data intensitas UV hingga minggu ke-8 disajikan pada Gambar 2. Data UV juga diperoleh dari BMKG Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, kab. Agam untuk dibandingkan dengan data hasil pengukuran selama perlakuan. Berdasarkan data BMKG diperoleh rata-rata intensitas UV sebesar $6,37 \text{ W.m}^2$ pada bulan Mei dan $5,62 \text{ W.m}^2$ pada bulan Juni tahun 2022 dengan ketinggian tempat $\pm 864 \text{ mdpl}$. Berdasarkan hasil pengukuran selama 8 minggu pengamatan di lingkungan terbuka diperoleh rata-rata intensitas UV pada perlakuan terpapar UV yaitu sebesar $2,69 \text{ W.m}^2$ dan $1,98 \text{ W.m}^2$ pada bulan Mei dan Juni dengan ketinggian tempat penelitian $\pm 255 \text{ mdpl}$.



Gambar 2. Hasil pengukuran UV lingkungan selama delapan minggu pengamatan menggunakan UV light-meter (YK-35UV).

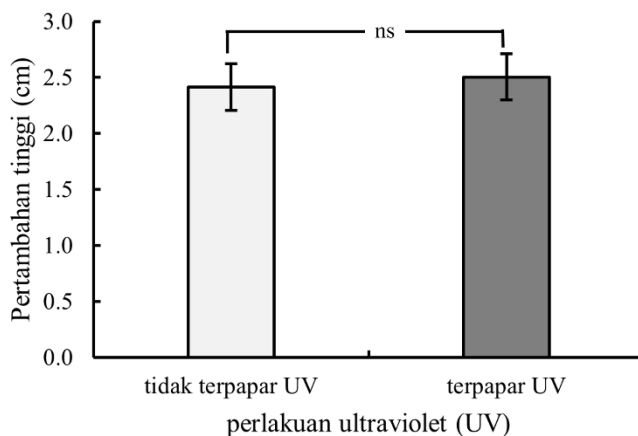


Gambar 3. Pola pertambahan tinggi tumbuhan karamunting selama 8 minggu perlakuan UV di lingkungan. Data disajikan dalam rata-rata \pm SE dengan $n = 30$.

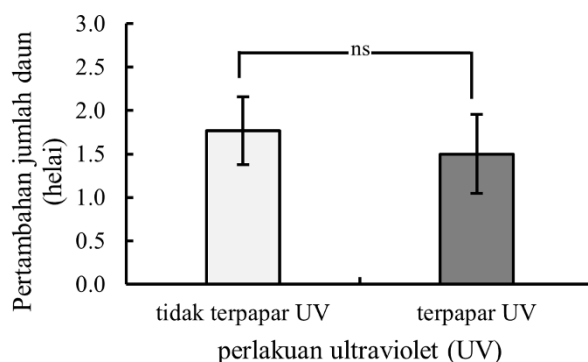
Pertambahan tinggi

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, terlihat peningkatan pertambahan tinggi yang sama antara kedua perlakuan (Gambar 3). Pada gambar juga terlihat penurunan pertambahan tinggi tumbuhan pada minggu ke-2 dan kembali ke grafik pertumbuhan normal setelah minggu ke-2. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan fluktuasi intensitas UV pada minggu pertama perlakuan (Gambar 2) yang menyebabkan penurunan pertumbuhan setelah minggu ke-2.

Pada Gambar 4 disajikan perbandingan rata-rata pertambahan tinggi karamunting tanpa dan dengan perlakuan paparan UV-B minggu ke-8 setelah perlakuan. Berdasarkan analisis yang dilakukan, tidak terdapat perbedaan yang nyata diantara kedua perlakuan. Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa karamunting merupakan tumbuhan heliofit yang juga adaptif terhadap intensitas UV yang tinggi dilingkungan.



Gambar 4. Pertambahan tinggi tumbuhan karamunting setelah 8 minggu perlakuan UV di lingkungan. Data disajikan dalam rata-rata \pm SE dengan $n = 30$, dimana ns = tidak signifikan.



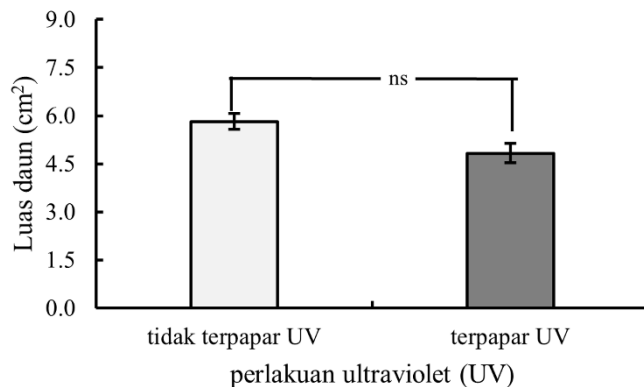
Gambar 5. Pertambahan jumlah daun tumbuhan karamunting setelah 8 minggu perlakuan UV di lingkungan. Data disajikan dalam rata-rata \pm SE dengan $n = 30$, dimana ns = tidak signifikan.

Pertambahan jumlah daun

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah daun, tidak terjadi peningkatan jumlah daun yang signifikan selama 8 minggu perlakuan seperti disajikan pada Gambar 5. Secara umum, pertambahan jumlah daun pada tumbuhan tidak terpapar UV terlihat lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan terpapar UV walau tidak berbeda nyata. Hal ini mengindikasikan secara umum adanya efek UV terhadap pertumbuhan terutama dalam pembentukan daun baru.

Luas daun

Gambar 6 menyajikan rata-rata luas daun tumbuhan karamunting setelah diberi perlakuan tidak terpapar UV dan terpapar UV. Berdasarkan gambar, terlihat bahwa kecenderungan daun tumbuhan yang terpapar UV menjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan daun yang tidak terpapar UV selama pengamatan. Namun, berdasarkan analisis statistik, tidak ada perbedaan yang signifikan diantara kedua perlakuan tersebut.

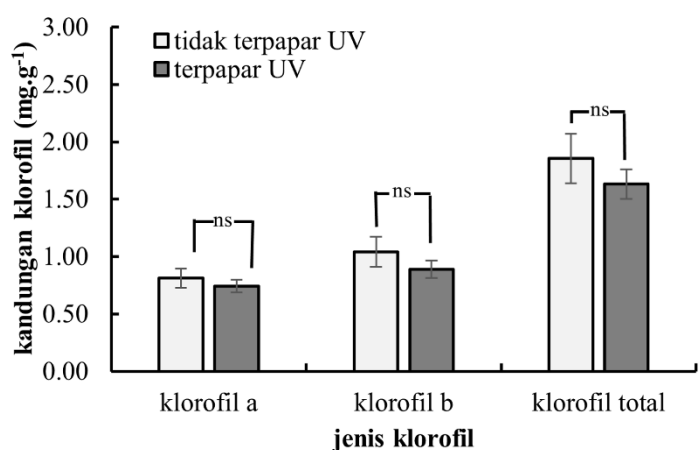


Gambar 6. Luas daun tumbuhan karamunting setelah 8 minggu perlakuan UV di lingkungan. Data disajikan dalam rata-rata \pm SE dengan $n = 30$, dimana ns = tidak signifikan.

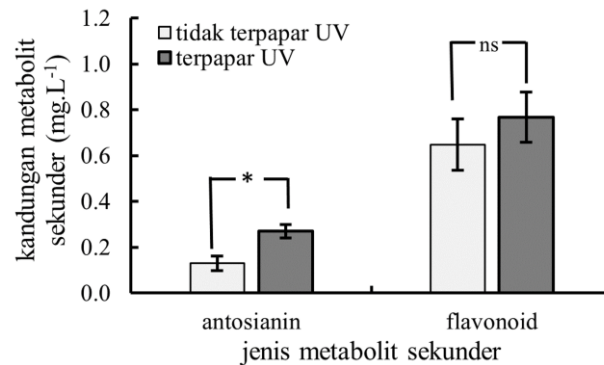
Kandungan klorofil

Berdasarkan analisis pertumbuhan jumlah dan luas daun diatas, dilakukan analisis kandungan klorofil dari daun tumbuhan karamunting akibat dua perlakuan yang dijelaskan sebelumnya. Hasil analisis kandungan klorofil disajikan pada Gambar 7. Pada gambar terlihat bahwa kecenderungan kandungan klorofil total lebih rendah pada perlakuan terpapar UV terlihat jelas bila dibandingkan dengan perlakuan tidak terpapar UV. Kandungan klorofil b terlihat

juga lebih rendah pada perlakuan terpapar UV bila dibandingkan dengan perlakuan tidak terpapar UV, dan kecenderungan tersebut semakin kecil pada klorofil a. Berdasarkan analisis statistika yang dilakukan terhadap ketiga faktor diatas, tidak berbeda nyata diantara kedua perlakuan yang mengindikasikan lamanya perlakuan diberikan belum mempengaruhi secara signifikan terhadap pertumbuhan karamunting.



Gambar 7. Kandungan klorofil a, klorofil b dan klorofil total daun tumbuhan karamunting setelah 8 minggu perlakuan UV di lingkungan. Data disajikan dalam rata-rata \pm SE dengan $n = 5$, dimana ns = tidak signifikan.



Gambar 8. Kandungan antosianin dan flavonoid daun tumbuhan karamunting setelah 8 minggu perlakuan UV di lingkungan. Data disajikan dalam rata-rata \pm SE dengan $n = 5$, dimana ns = tidak signifikan dan asterisk (*) = signifikan pada $P < 0,05$.

Kandungan antosianin dan flavonoid

Analisis terhadap kandungan antosianin dan flavonoid total dilakukan terhadap tumbuhan yang terpapar dan tidak terpapar UV yang disajikan pada Gambar 8. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kandungan antosianin meningkat drastis pada tumbuhan yang terpapar UV bila dibandingkan dengan yang tidak terpapar UV. Hasil analisis statistika menguatkan adanya perbedaan signifikan terhadap kandungan antosianin diantara kedua perlakuan. Kandungan flavonoid total juga cenderung meningkat pada perlakuan terpapar UV bila dibandingkan dengan tidak terpapar UV, walau secara statistik tidak berbeda nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa antosianin lebih cepat diproduksi dalam upaya tumbuhan mengatasi cekaman lingkungan yang disebabkan oleh paparan UV. Selain itu, akumulasi flavonoid juga seiring dengan terjadinya peningkatan kandungan antosianin pada tumbuhan,

karena keduanya berada pada jalur fenilpropanoid sejalan dalam pembentukan senyawa-senyawa turunan berupa flavonol, antosianin, dan sejenisnya yang dipacu oleh cekaman dari lingkungan seperti intensitas cahaya tinggi termasuk UV di lingkungan.

Kondisi paparan UV selama perlakuan dilapangan

Perbedaan perolehan hasil pengukuran UV di lingkungan selama penelitian (Gambar 1) dengan data dari BMKG disebabkan oleh beberapa faktor seperti lokasi dan ketinggian tempat serta tutupan awan yang berpengaruh terhadap intensitas paparan cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi. Berdasarkan data, Universitas Andalas merupakan area yang berada di perbukitan yang mudah menangkap awan hujan sehingga intensitas awan dan hujan yang tinggi menyebabkan paparan cahaya matahari sampai ke area tersebut sangat terpengaruh (Rizaldi *et al.*, 2018). Distribusi UV sinar matahari di

permukaan bumi dipengaruhi oleh variabel geometris dan geofisika. Variabel geometris adalah jarak antara bumi dan matahari, sedangkan variabel geofisika meliputi konstituen atmosfer yang menyerap atau menyebarkan radiasi saat melewati atmosfer dan zat yang menyebarkan radiasi di permukaan bumi. Variabel penyerap meliputi ozon, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, dan aerosol penyerap, sedangkan variabel hamburan termasuk molekul udara, aerosol non-menyemp, vegetasi di permukaan bumi, dan awan. Variasi tutupan awan juga dapat mengakibatkan perbedaan tingkatan radiasi sinar UV yang dipancarkan oleh matahari ke bumi (Monforte, Oliviera and Abaigar, 2015; Robson *et al.*, 2019; Cheng *et al.*, 2020).

Efek UV terhadap pertumbuhan anakan tanaman

Ketika bibit muda memasuki lingkungan terang akan mengalami transisi perkembangan yang dikenal sebagai fotomorfogenesis, proses ini ditandai dengan peralihan dari etiolasi ke pertumbuhan fotosintesis. Transisi gelap ke terang disertai dengan penghambatan pertumbuhan batang dan perkembangan yang mendasari proses penghijauan tumbuhan (Gangappa & Botto, 2016; Tripathi *et al.*, 2019). Fotomorfogenesis yang terjadi karena UV juga merupakan strategi bertahan hidup dimana energi metabolit dialihkan sehingga pertumbuhan berkurang demi toleransi terhadap UV. Penyesuaian UV oleh metabolit menyebabkan penghambatan pertumbuhan batang. Jadi terhambatnya pertumbuhan

pada tumbuhan karamunting dibawah UV bisa dipengaruhi oleh proses fotomorfogenesis dari tumbuhan muda menjadi dewasa (Tilbrook *et al.*, 2013). Tumbuhan daerah tropis seperti karamunting diperkirakan secara evolusi telah beradaptasi dengan paparan UV yang tergolong tinggi dan konsisten sepanjang tahun dibandingkan dengan daerah empat musim (Barnes *et al.*, 2017; Balcerowicz, 2022; Zhang *et al.*, 2022; Kapoor *et al.*, 2023). Hasil analisis regresi terhadap anakan karamunting yang digunakan mengindikasikan bahwa umur anakan mempengaruhi respon terhadap paparan UV (data tidak disajikan).

Jumlah daun menjadi penentu utama kecepatan pertumbuhan (Farjon *et al.*, 2021). Semakin berkurangnya intensitas radiasi matahari yang diterima tanaman mengakibatkan proses fotosintesis menurun sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif terutama pada daun tumbuhan (Setiawan *et al.*, 2020). Respon tanaman terhadap cahaya rendah dicirikan oleh pertumbuhan daunnya. Kondisi daun yang berada dalam cahaya rendah akan mengalami penuaan yang lebih cepat dan akibatnya daun tidak menyumbang fotosintat bersih sehingga laju pertumbuhan vegetatif terhambat dan jumlah daun pada tanaman menjadi berkurang (Bramantyo *et al.*, 2013). Intensitas cahaya tinggi berpengaruh besar bagi pertumbuhan dan jumlah daun sebagai penunjang proses fotosintesis pada tumbuhan (Novinanto & Setiawan, 2019), namun pada penelitian ini diperoleh hasil yang sedikit berbeda dengan pendapat

tersebut, hal itu bisa terjadi karena respon tumbuhan yang disebabkan oleh radiasi UV tergantung pada spesies, lokasi pertumbuhan, asal, tahap perkembangan tanaman, dosis UV dan daerah panjang gelombang (Rai *et al.*, 2019).

Radiasi UV menghambat pertumbuhan dan bentuk daun pada berbagai spesies tanaman. Epidermis daun berperan penting dalam mengendalikan pertumbuhan dan bentuk daun (Afza & Iriawati, 2015). Alexieva *et al.* (2001) & Khan, Laskar, and Debnath (2018) menyatakan bahwa radiasi UV pada spesies kacang tanah dan gandum mempengaruhi kecepatan pertumbuhan secara umum tapi tidak signifikan dapat mempengaruhi luas daun. Peningkatan radiasi UV menurunkan rasio luas daun tetapi tidak berpengaruh pada rasio berat daun. Menurut Qaderi *et al.* (2015), sel tumbuhan lebih besar di bawah UV tinggi namun kepadatan stomata berkurang secara signifikan dengan meningkatnya radiasi UV di sel epidermis atas (adaksial) dan bawah (abaksial) pada daun. Pada kedua sisi daun dengan kadar UV rendah memiliki stomata lebih banyak dibandingkan daun dengan perlakuan UV-B tertinggi.

Kandungan klorofil pada tumbuhan terpapar UV

Rai *et al.* (2021) menyatakan bahwa paparan UV dapat menurunkan fotosintesis. Hal ini dikarenakan oleh adanya kerusakan struktur kloroplas yang menyebabkan penguraian klorofil pada daun dan lebih lanjut pada kerusakan enzim, namun secara umum

pertumbuhan tidak begitu terpengaruh (Qian *et al.*, 2021; Chauhan *et al.*, 2023). Hal tersebut diperkirakan juga terjadi pada tumbuhan karamunting sehingga teramati penurunan kandungan klorofil pada perlakuan terpapar UV, namun pertumbuhan tidak begitu berbeda diantara keduanya. Arifah *et al.* (2019) menambahkan bahwa spektrum cahaya tampak yang diserap pada saat terjadinya proses fotosintesis yaitu antara warna ungu pada panjang gelombang 380 nm sampai warna merah pada panjang gelombang 750 nm. Energi yang digunakan pada proses fotosintesis adalah dalam bentuk foton yang berasal dari spektrum cahaya tersebut. Puncak gelombang pada spektrum cahaya merah lebih tinggi dibandingkan spektrum cahaya biru, sehingga klorofil a lebih maksimal dalam menyerap spektrum cahaya merah. Rai *et al.* (2020) menambahkan bahwa intensitas UV dengan panjang gelombang 280-400 nm dapat mempengaruhi kerja klorofil yang berakibat kepada efektifitas fotosintesis pada tumbuhan.

Efek paparan UV terhadap akumulasi metabolit sekunder jalur fenilpropanoid

Antosianin merupakan metabolit sekunder yang tergolong pigmen flavonoid. Warna pigmen antosianin berwarna merah, biru, violet dan biasanya dijumpai pada bunga, buah-buahan dan sayur-sayuran. Tumbuhan karamunting diketahui mengakumulasi antosianin pada berbagai organnya (Jumiati *et al.*, 2017). Di antara berbagai rangsangan lingkungan, UV

merupakan faktor utama dalam akumulasi antosianin dan tumbuhan telah mengembangkan beberapa strategi pertahanan untuk mengurangi efek cekaman lingkungan, salah satunya dengan produksi metabolit sekunder (Hectors *et al.*, 2014; Klein *et al.*, 2018; Vanhaelewyn *et al.*, 2020). Produksi metabolit sekunder seperti antosianin, membantu memperbaiki cekaman oksidatif. Cahaya mengatur biosintesis antosianin dimana antosianin secara spesifik dapat menyerap cahaya pada daerah serapan ultraviolet (UV) sampai violet, tetapi lebih kuat pada daerah cahaya tampak pada panjang gelombang 250-700 nm (Mahmudatussa'adah *et al.*, 2014). Oleh karena itu, daya serapan antosianin lebih luas daripada flavonoid sehingga responnya terhadap cahaya lebih cepat (Mercan & Ceyik, 2021).

Naik *et al.* (2022) menyatakan bahwa cekaman yang dialami tumbuhan tidak hanya dimanifestasikan sebagai cekaman cahaya rendah atau tinggi, tetapi juga karena radiasi UV dengan potensi yang tinggi terutama dalam perubahan iklim global saat ini yang bersumber dari cahaya matahari. Untuk mengurangi UV mencapai makromolekul yang rentan, tanaman menyaring bagian spektrum sinar matahari ini dengan flavonoid. Dengan demikian, peran penting flavonoid tercapai karena karakteristik penyerap UV yang memberikan perlindungan terhadap radiasi UV yang merusak. Anggraito *et al.* (2018) menambahkan bahwa kelompok flavonoid biasanya lebih efektif menyerap cahaya bergelombang lebih pendek

dibandingkan antosianin dengan kehadiran gugus hidroksil yang melekat pada cincin aromatik.

Berdasarkan hasil penelitian diatas, terdapat dua hal yang menjadi perhatian khusus untuk perlu ditindaklanjuti pada penelitian berikutnya. Berdasarkan durasi penelitian yang telah dilakukan, perlakuan selama 8 minggu masih belum memberikan hasil yang signifikan terhadap pertumbuhan karamunting yang diperlakukan di alam, apakah dikarenakan memang akibat sifatnya yang heliofit sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan atau dibutuhkan durasi yang lebih panjang sehingga ada efek yang signifikan diantara dua perlakuan. Selain itu, dengan teramatinya respon signifikan dalam akumulasi antosianin selama 8 minggu perlakuan, peran antosianin sebagai UV absorban menjadi semakin penting terutama di tahap awal aklimatisasi tumbuhan terhadap pengayaan UV di lingkungan. Kedepannya, penelitian terkait dengan respon spesifik karamunting terhadap UV menjadi lebih penting dipelajari terutama UV-B (280-315 nm) baik pada masa perkecambahan, pertumbuhan anakan maupun aklimatisasi tumbuhan dilingkungan. Penelitian yang berfokus pada kajian fisiologi dan molekuler terhadap ekspresi gen-gen yang berkaitan dengan sifat heliofitik tumbuhan ini menjadi penting dalam rangka memahami sifat invasif yang disematkan pada tumbuhan ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan diatas dapat disimpulkan bahwa; (1) pertumbuhan karamunting tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara tidak terpapar UV dengan terpapar UV yang dapat dijadikan sebagai indikator sifat heliofitiknya, dan (2) peningkatan paparan UV setara dengan peningkatan akumulasi antosianin yang mengindikasikan peran penting antosianin pada awal adaptasi karamunting terhadap UV dilingkungan, dimana peran flavonoid belum begitu penting pada tahap ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan Terimakasih kepada Pembibitan Karamunting Belimbing, Kota Padang, Sumatera Barat yang telah menyediakan anakan karamunting untuk penelitian ini. Ucapan Terimakasih juga disampaikan kepada Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Koto Tabang, Kab, Agam, Sumatera Barat atas izin yang diberikan dalam pemakaian data pengukuran paparan UV di Sumatera Barat tahun 2021-2022. Selanjutnya, ucapan Terimakasih disampaikan kepada Prof. Dr. Erizal Mukhtar, Dr. Zozy Aneloi Noli, dan Dr. Tesri Maideliza atas kritikan dan masukan yang membangun untuk artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afidah, I.K., A.S. Karyawati, dan S.M. Sitompul. 2019. Pengaruh lama penyinaran (fotoperiode) terhadap pertumbuhan dan hasil pada tiga varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Jurnal Produksi Tanaman*. 7: 68-73.
- Afza, H., dan Iriawati. 2015. Pengaruh iradiasi ultraviolet terhadap multiplikasi tunas aksiler dan kadar klorofil anyelir (*Dianthus caryophyllus* L.). *Buletin Plasma Nuftah*. 21: 39-46.
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. & Karanov, E., 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant, Cell and Environment*. 24: 1337-1344.
- Anggraito, Y.U., Susanti, R., Iswari, R.S., Yuniastuti, A., Lisdiana, Nugrahaningsih, W.H., Habibah, N.A., Bintari, S.H., 2018. Metabolit Sekunder dari Tanaman Aplikasi dan Produksi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Apriyanti, D.P.R.V., I.G.A.A. Ratnawati, dan R. Kawuri. 2021. Pengaruh sinar ultraviolet terhadap pertumbuhan bakteri Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC) penyebab penyakit diare. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*. 6: 66-73.
- Arifah, R.U., S. Sedjati, E. Supriyantini, dan A. Ridlo. 2019. Kandungan Klorofil dan fukosantin serta pertumbuhan *Skeletonema costatum* pada pemberian spektrum cahaya yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*. 8: 25-32.
- Balcerowicz, M., 2022. Ancient sun protection: the evolutionary origin of plant UV-B signaling. *Plant Physiology*. 188: 29-31.
- Barnes, P.W., Ryel, R.J. & Flint, S.D., 2017. UV Screening in Native and Non-native Plant Species in the Tropical Alpine: Implications for Climate Change-Driven Migration of Species to Higher Elevations. *Frontiers in Plant Science*. 8: 1451. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01451>

- Bramantyo, J., Samanhudi, & Rahayu, M., 2013. The effect of shade and water stress on growth and result of purwoceng (*Pimpinella pruatjan*) in Tawamangu. *Journal of Agronomy research*. 2: 53-64.
- Chauhan, J., Prathibha, M.D., Singh, P., Choyal, P., Mishra, U.N., Saha, D., Kumar, R., Anuragi, H., Pandey, S., Bose, B., Mehta, B., Dey, P., Dwivedi, K.K., Gupta, N.K. & Singhal, R.K., 2023. Plant photosynthesis under abiotic stresses: Damages, adaptive, and signaling mechanisms. *Plant Stress*. 10: 100296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100296>
- Cheng, W., Brown, R.D., Vernez, D. & Goldberg, D., 2020. Estimation of individual to erythematous weighted UVR by multi-sensor measurements and integral calculation. *Sensors*, 20: 4068. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20154068>.
- Davey, M.P., Susanti, N.I., Wargent, J.J., Findlay, J.E., Quick, W.P., Paul, N.D. & Jenkins, G.I., 2012. The UV-B photoreceptor UVR8 promotes photosynthetic efficiency in *Arabidopsis thaliana* exposed to elevated levels of UV-B. *Photosynthetic Research*. 114: 121-131.
- Easlon, H.M. & Bloom, A.J., 2014. Easy leaf area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Application in Plant Sciences*, 2: 1400033. DOI: <https://doi.org/10.3732/apps.1400033>.
- Farjon, G., Itzhaky, Y., Khoroshevsky, F. & Bar-Hillel, A., 2021. Leaf counting: Fusing network components for improved accuracy. *Frontiers in Plant Science*. 12: 575751. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.575751>
- Gangappa, S.N. & Botto, J.F., 2016. The multifaceted roles of HY5 in plant growth and development. *Molecular Plant*. 9: 1353-1365.
- Gill, S.S., Anjum, N.A., Gill, R., Jha, M. & Tuteja, N., 2015. DNA damage and repair in plants under ultraviolet and ionizing radiation. *The Scientific World Journal*, 2015: 250158. DOI: <http://doi.org/10.1155/2015/250158>.
- Hectors, K., van Oevelen, S., Geuns, J., Guisez, Y., Jansen, M.A.K. & Prinsen, E. 2014. Dynamic changes in plant secondary metabolites during UV acclimation in *Arabidopsis thaliana*. *Physiologia Plantarum*. 152: 219-230.
- Idris, M., Seo, N., Jiang, L., Kiyota, S., Hidema, J. & Iino, M., 2021. UV-B signalling in rice: Response identification, gene expression profiling and mutant isolation. *Plant, Cell and Environment*. 44:1468-1485.
- Isfardiyana, S.H., dan S.R. Safitri. 2014. Pentingnya melindungi kulit dari sinar ultraviolet dan cara melindungi kulit dengan sunblock buatan sendiri. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. 3: 126-133.
- Jenkins, G.I., 2017. Photomorphogenic responses of ultraviolet-B light. *Plant, Cell & Environment*. 40: 2544-2557.
- Jumiati, E., Mardhiana, dan I.M. Abdiani. 2017. Pemanfaatan buah karamunting sebagai pewarna alami makanan. *Jurnal AGRIFOR*. XVI: 163-170.
- Kapoor, B., Kumar, P., Verma, V., Irfan, M., Sharma, R., & Bhargava, B., 2023. *Journal of Evolutionary Biology*. 36: 5-14.
- Kendarini, N., Aisyah, S.I., Maharijaya, A. & Sobir., 2022. Photoperiod effect on vegetative growth and bulbing initiation of four garlic genotypes. *Biodiversitas*.23: 4716-4723.
- Khan, T.U., Laskar, R.A. & Debnath, B., 2018. Studies on the effects of ultraviolet irradiation on pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Genomics and Data Mining*. 2018: 126. DOI: <http://www.doi.org/10.29011/2577-0616.000126>.

- Klein, F.R.S., Reis, A., Kleinowski, A.M., Telles, R.T., do Amarante, L., Peters, J.A. & Braga, E.J.B., 2018. UV-B radiation as an elicitor of secondary metabolite production in plants of the genus *Alternanthera*. *Acta Botanica Brasiliica*. 32: 615-623.
- Liu, N., Ren, H., Yuan, S., Guo, Q. & Yang, L., 2013. Testing the stress-gradient hypothesis during the restoration of tropical degraded land using the shrub *Rhodomyrtus tomentosa* as a nurse plant. *Restoration Ecology*, 21: 578-584.
- Liu, N., Zhu, W., Shun, Z., Yang, L., Yuan, S. & Ren, H., 2014. Canopy size dependent facilitations from the native shrub *Rhodomyrtus tomentosa* to the early establishment of native trees *Castanopsis fissa* and *Syzygium hancei* in tropical China. *Restoration Ecology*. 22: 509-516.
- Lois, R., 1994. Accumulation of UV-absorbing flavonoids induced by in *Arabidopsis thaliana* L. I. Mechanisms of UV-resistance in Arabidopsis. *Planta*. 194: 498-503.
- Mancinelli, A.L., 1984. Photoregulation of anthocyanin synthesis 1: VIII. Effects of light pretreatments. *Plant Physiology*. 75: 447-453.
- Mahmudatussa'adah, A., D. Fardiaz, N. Andarwulan, dan F. Kusnandar. 2014. Karakteristik warna dan aktivitas antosianin ubi jalar ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 25: 176-184.
- Mercan, E.E. & Cevik, M.S., 2021. Expression analysis of MYB genes in different apple cultivars with distinct coloration pattern during fruit maturation. *Israel Journal of Plant Sciences*. 68: 319-327.
- Monforte, L., Olivera, E.N. & Abaigar, J.M., 2015. UV radiation biomonitoring using cell compartmentation of UV-absorbing compound in herbarium samples of a liverwort. *Ecological Indicators*. 52: 48-56.
- Naik, J., Tyagi, S., Rajput, R., Kumar, P., Pucker, B., Bist, N.C., Misra, P., Stracke, R. & Pandey, A., 2022. Flavonols contrary affect the interconnected glucosinolate and camalexin biosynthesis pathway in *Arabidopsis thaliana*. *bioRxiv*: 2022.10.01.510434. DOI: <https://doi.org/10.1101/2022.10.01.510434>
- Nakkaew, A., Masjon, T. & Voravuthikunchai, S.P., 2023. Genomic and transcriptional profiling analysis and insights into rhodomyrtone yield in *Rhodomyrtus tomentosa* (Aiton) Hassk. *Plants*. 12: 3156. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12173156>
- Novinanto, A., dan A.W. Setiawan. 2019. Pengaruh variasi sumber cahaya LED terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* var. Crispa L.) dengan sistem budidaya hidroponik rakit apung. *AGRIC: Jurnal Ilmu Pertanian*. 31:193-206.
- Qaderi, M.M., Godin, V.J. & Reid, D.M., 2015. Single and combined effects of temperature and red:far-red light ratio on evening primrose (*Oenothera biennis*). *Botany*. 93: 475-483.
- Qian, M., Rosenqvist, E., Prinsen, E., Pescheck, F., Flygare, A.M., Kalbina, I., Jansen, M.A.K. & Strid, A. 2021. Downsizing in plants—UV light induces pronounced morphological changes in the absence of stress. *Plant Physiology*. 187: 378-395.
- Rai, N., Neugart, S., Yan, Y., Wang, F., Siipola, S.M., Lindfors, A.V., Winkler, J.B., Albert, A., Brosche, M., Lehto, T., Morales, L.O. & Aphalo, P.J., 2019. How do cryptochromes and UVR8 interact in natural and simulated sunlight? *Journal of Experimental Botany*. 70: 4975-4990.
- Rai, N., O'Hara, A., Farkas, D., Safronov, O., Ratanasopa, K., Wang, F., Lindfors, A.V., Jenkins, G.I., Lehto, T., Salojarvi, J., Brosche, M., Strid, A., Aphalo, P.J. & Morales, L.O., 2020. The photoreceptor UVR8 mediates the perception of both UV-B and UV-A wavelengths up to 350 nm of sunlight with responsivity moderated by cryptochromes. *Plant, Cell and Environment*. 43: 1513-1527.

- Rai, N., 2020. Perception of Solar UV Radiation and Blue Light by Plants: Photoreceptors, Transcriptome and Environmental Acclimation (Doctoral Theses). Helsinki: Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of Helsinki.
- Rai, N., Morales, L.O. & Aphalo, O.J., 2021. Perception of solar UV radiation by plants: Photoreceptors and mechanisms. *Plant Physiology*. 186: 1382-1396.
- Rizaldi, Mairawita, Novarino, W, Nurainas, Nurdin, J. & Idris, M., 2018. An Introduction to The Biological Education and Research Forest of Andalas University. Andalas University Press, Padang.
- Robson, T.M., Aphalo, P.J., Banas, A.K., Barnes, P.W., Brelford, C.C., Jenkins, G.I., Kotilainen, T.K., Labuz, J., Martinez-Abaigar, J., Morales, L.O., Neugart, S., Pieriste, M., Rai, N., Vandenbussche, F. & Jansen, M.A.K., 2019. A perspective on ecologically relevant plant-UV research and its practical application. *Photochemical and Photobiological Sciences*. 18: 970-988.
- Setiawan, W.T., E. Widaryanto, A. Saitama, dan A.H. Zaini. 2020. Uji pertumbuhan enam aksesi kencur (*Kaempferia galanga* L.) di bawah tegakan jati. *Plantropica: Journal of Agriculture Science*. 5: 136-143.
- Tilbrook, K., Arongaus, A.B., Binkert, M., Heijde, M., Yin, R. & Ulm, R., 2013. The UVR8 UV-B photoreceptor: Perception, signaling and response. *The Arabidopsis Book*: e0164. DOI: <https://doi.org/10.1199/tab.0164>.
- Tripathi, S., Hoang, Q.T.N., Han, Y.J. & Kim, J.I., 2019. Regulation of photomorphogenic development by plant phytochromes. *International Journal of Molecular Sciences*. 20: 6165. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms20246165>
- Vanhaelewyn, L., Van Der Straeten, D., De Coninck, B. & Vandenbussche, F., 2020. Ultraviolet radiation from a plant perspective: The plant-microorganism context. *Frontiers in Plant Science*. 11: 597642. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.597642>.
- Vo, T.S. & Ngo, D.H., 2019. The health beneficial properties of *Rhodomyrtus tomentosa* as potential Functional Food. *Biomolecules*. 9: 76. DOI: <http://doi.org/10.3390/biom9020076>.
- Widiastuti, A., Sawitri, W.D., Idris, M., Handayani, V.D.S., Winona, B., Silalahi, C.M., Matra, D.P., Doni, F. & Setiyadi, A.H., 2024. Unraveling the Potential UV-B Induced Gene Expression of the Primary and Secondary Metabolisms Against Environmental Stress in Shallot. *Reviews in Agricultural Science*. 12: 111-127.
- Wimudi, M., dan S. Fuadiyah. 2021. Pengaruh cahaya matahari terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Prosiding SEMNAS BIO Universitas Negeri Padang*. 01: 587-592.
- Witham, F.H., Blaydes, B.F. & Devlin, R.M. 1986. Exercises in Plant Physiology Second Edition. Prindle, Weber and Schmidt, Boston.
- Xie, C., Huang, B., Jim, C.Y., Han, W. & Liu, D., 2021. Predicting differential habitat suitability of *Rhodomyrtus tomentosa* under current and future climate scenarios in China. *Forest Ecology and Management*. 501: 119696. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119696>.
- Xie, F., Xia, Y., Feng, W. & Niu, Y. 2023. Increasing surface UV radiation in the tropics and northern mid-latitudes due to ozone depletion after 2010. *Advances in Atmospheric Science*. 40: 1833-1843.

- Yin, R. & Ulm, R., 2017. How plant cope with UV-B: From perception to response. *Current Opinion in Plant Biology*. 37:42-48.
- Zhang, Z., Xu, C., Zhang, S., Shi, C., Cheng, H., Liu, H. & Zhong, B., 2022. Origin and adaptive evolution of UV RESISTANCE LOCUS 8-mediated signaling during plant terrestrialization. *Plant Physiology*, 188: 332-346.
- Zhao, Z., Wu, L., Xie, J., Feng, Y., Tian, J., He, X., Li, B., Wang, L., Wang, X., Zhang, Y., Wu, S. & Zheng, X., 2020. *Rhodomyrtus tomentosa* (Aiton.): A review of phytochemistry, pharmacology and industrial applications research progress. *Food Chemistry*. 309: 125715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125715>.