

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Stevia rebaudiana* Bertoni merupakan tanaman herba famili Asteraceae yang mengandung senyawa pemanis alami bebas kalori yaitu steviol glikosida (SG). Senyawa ini memiliki tingkat kemanisan hingga 350 kali lebih manis dibandingkan sukrosa dan pemanis buatan lainnya (Basharat *et al.*, 2021). Tanaman stevia memiliki peran penting dalam kesehatan karena dapat memberikan efek farmakologis dan terapeutik seperti anti-diabetes, anti-obesitas, anti-inflamasi, antioksidan, anti-proliferasi pada sel tumor, anti-hipertensi, mengobati kerusakan gigi dan masalah kulit (Talevi, 2022). Ekstrak tanaman stevia telah dikonfirmasi keamanannya oleh berbagai studi toksisitas dan telah disetujui otoritas nasional atau internasional termasuk Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA), Standar Makanan Australia Selandia Baru (FSANZ), dan Otoritas Keamanan Pangan Eropa (EFSA) (Papaefthimiou *et al.*, 2023).

Hasil biomassa tanaman stevia rendah, karena laju pertumbuhan awal tanaman yang lambat, jumlah daun, dan luas permukaan daun yang sedikit. Umur tanaman dan masa panen mempengaruhi kandungan unsur makro dan mikro, klorofil, terutama kandungan SG pada tanaman stevia (Ucar *et al.*, 2018). Telah diketahui bahwa kondisi cahaya merupakan pengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang sangat penting. Berbagai jenis cahaya sudah digunakan untuk pertumbuhan maupun biosintesis SG pada tanaman stevia. Namun, jenis dan kisaran

intensitas cahaya yang optimal untuk budidaya terutama produksi SG pada tanaman stevia masih kontroversial (Singh *et al.*, 2017).

Efek iradiasi Ultraviolet-B (UV-B) membangkitkan minat khusus. Lapisan ozon stratosfer yang menipis dalam beberapa tahun terakhir ini menyebabkan peningkatan radiasi UV yang mencapai permukaan bumi tidak dapat dihindari lagi. Hal ini menjadi ancaman terhadap produktivitas pertanian tanaman budidaya karena tanaman sangat rentan terhadap perubahan iklim sehingga mengalami cekaman dari lingkungan baik abiotik maupun biotik (Niculcar *et al.*, 2023). Terlepas dari eksperimen yang memaparkan efek negatif dari perubahan iklim terhadap tanaman, McLay *et al.* (2020) melaporkan sebagian besar penelitian menggunakan UV-B untuk memicu produksi senyawa fenolik dan flavonoid terkait sebagai respon terhadap UV-B yang berfungsi menjadi mekanisme pertahanan pada beberapa spesies tanaman.

Pengaruh UV-B pada tanaman dapat diklasifikasikan menjadi respons fotomorfogenik dan respons fotoproteksi yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Terdapat tumpang tindih antara dosis UV-B yang menyebabkan tanaman menunjukkan respon fotomorfogenik sekaligus respon fotoproteksi (Vanhaelewyn *et al.*, 2020). Pada paparan UV-B dosis rendah, cahaya UV-B umumnya memicu perubahan fisiologis dan biosintesis metabolit sekunder. Namun, jika UV-B diberikan dalam intensitas tinggi dalam waktu singkat, maka dapat menyebabkan stres yang berat bagi tanaman. Beberapa respons stres ini bahkan mirip dengan respons terhadap stres biotik atau abiotik lainnya. Meskipun UV-B intensitas rendah juga dapat meningkatkan kadar *reactive oxygen species* (ROS), tanaman masih

mampu menetralkan ROS tersebut melalui sistem penetral ROS (*ROS scavenging*) yang memadai (Meyer *et al.*, 2021). UV-B dapat mengaktifkan gen-gen yang mendorong tanaman lebih adaptif dan toleran terhadap cekaman dari lingkungan lainnya dengan produksi metabolit sekunder. Respon tanaman terhadap UV-B menjadi fokus penelitian yang penting saat ini untuk mengatasi efek negatif dari perubahan iklim global (Apoorva *et al.*, 2021).

Zhang *et al.* (2020) menelusuri ekspresi gen-gen *UDP-GLUCOSYLTRANSFERASE* (UGT) dalam biosintesis SG dan menemukan bahwa ekspresi UGT74G1, UGT76G1, dan UGT91D2 berkorelasi dengan kandungan SG. Gen-gen ini dapat terinduksi oleh radiasi UV, menguatkan bahwa paparan UV-B dapat diarahkan untuk mempercepat biosintesis SG. Kandungan SG akan menurun secara signifikan jika tanaman stevia sudah berbunga, dimana pembungaan ini diatur oleh hormon giberelin. UV-B dapat menginaktivasi hormon giberelin melalui peningkatan ekspresi gen *GIBBERELLIN 2-OXIDASE* (GA2OX) (Miao *et al.*, 2021). Maka dapat dipahami bahwa UV-B mendukung peningkatan SG dengan menghambat fase pembungaan, yaitu fase ketika kandungan SG mulai menurun (Lucho *et al.*, 2021).

Brown *et al.* (2005) menemukan bahwa tanaman *Arabidopsis thaliana* memiliki sistem persepsi UV-B spesifik yang diatur oleh fotoreseptor *UV RESISTANCE LOCUS 8* (UVR8). UVR8 akan mengaktifkan ekspresi gen pelindung seperti *ELONGATED HYPOCOTYL 5* (HY5), yang berperan dalam biosintesis flavonoid dan senyawa fenolik lainnya, sebagai bentuk pertahanan terhadap radiasi UV-B dan paparan UV-B sebesar  $3 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  selama 4 jam cukup untuk

mengaktifkan ekspresi gen pelindung tersebut. Brown & Jenkins (2008) kemudian menegaskan bahwa bahkan intensitas UV-B rendah  $0.1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  pun dapat menginduksi respons melalui jalur UVR8, sementara intensitas lebih tinggi ( $>1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) cenderung memicu jalur cekaman pada umumnya. O'Hara *et al.* (2019) menemukan bahwa pada intensitas 0.3 hingga  $1.0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , beberapa gen metabolit sekunder seperti *ARABIDOPSIS NAC DOMAIN CONTAINING PROTEIN 13* (ANAC13) tetap terinduksi meski UVR8 tidak aktif, mengindikasikan adanya jalur sinyal baru bernama *UVR8- and Stress-Independent* (UASI).

Penelitian oleh Semenova *et al.* (2024) menunjukkan bahwa UV-B dengan intensitas  $0.015 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  mampu meningkatkan kandungan SG sebesar 13.2% dan flavonoid sebesar 74% pada tanaman stevia, dibandingkan kontrol. Meskipun intensitas tersebut sangat rendah, durasi paparan dibiarkan kontinu hingga tanaman mencapai fase awal pembungaan. Ptak *et al.* (2024) melaporkan bahwa sinar LED-UV (Cahaya Merah, biru, dan UV-B) meningkatkan rebaudiosida A dan senyawa fenolik secara signifikan pada kultur daun stevia. Sementara itu, Ghasemzadeh *et al.* (2016) menguji UV-B pascapanen pada intensitas  $3.60 \text{ W/m}^2$  (setara dengan  $10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) selama 4–8 jam, dan mendapatkan peningkatan flavonoid (quercetin, kaempferol, rutin) dan aktivitas antioksidan. Namun, paparan selama 10 jam menyebabkan biosintesis metabolit rendah karena efek cekaman. Hal ini menunjukkan bahwa durasi optimal UV-B berkisar antara 4 hingga 6 jam.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, penelitian ini secara khusus merancang perlakuan radiasi UV-B dengan intensitas 0.3, 1.0, dan  $3.0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  selama 4 jam. Intensitas tersebut berada dalam rentang yang terbukti cukup untuk

menginduksi biosintesis metabolit sekunder tanpa memicu respon yang merusak pertumbuhan tanaman, dan durasi 4 jam dipilih karena terbukti efektif dan aman dalam meningkatkan kandungan senyawa fenolik pada berbagai jenis tanaman. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan intensitas UV-B yang paling optimal dalam meningkatkan produksi steviol glikosida pada tanaman stevia, sekaligus tetap menjaga performa fisiologis dan pertumbuhannya secara menyeluruh.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka permasalahan yang ingin dijawab pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah efek radiasi UV-B dengan intensitas yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman stevia?
2. Bagaimanakah efek radiasi UV-B dengan intensitas yang berbeda terhadap akumulasi metabolit sekunder dan biosintesis steviol glikosida tanaman stevia?
3. Berapakah intensitas yang paling efektif dalam meningkatkan biosintesis steviol glikosida tanpa menghambat pertumbuhan pada tanaman stevia?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efek radiasi UV-B dengan intensitas yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman stevia.
2. Untuk mengetahui efek radiasi UV-B dengan intensitas yang berbeda terhadap akumulasi metabolit sekunder dan biosintesis steviol glikosida tanaman stevia.

3. Untuk mengetahui intensitas UV-B yang paling efektif dalam meningkatkan biosintesis steviol glikosida tanpa menghambat pertumbuhan pada tanaman stevia.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai pengaruh radiasi UV-B terhadap pertumbuhan dan peningkatan biosintesis steviol glikosida pada tanaman *Stevia rebaudiana*. Temuan ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan teknik budidaya yang mengintegrasikan paparan UV-B sebagai strategi alternatif untuk meningkatkan akumulasi senyawa steviol glikosida sebagai pemanis alami. Selain itu, hasil penelitian ini juga berpotensi diaplikasikan dalam sistem budidaya di lingkungan terkontrol, seperti *plant factory*, dengan mengoptimalkan efisiensi cahaya buatan guna mendukung produksi senyawa bioaktif yang bernilai tinggi secara berkelanjutan.

