



PENGARUH NAUNGAN TERHADAP AKTIVITAS FOTOSINTESIS DAN HASIL PRODUKSI TANAMAN CABAI MERAH (*Capsicum Annuum* L.)

**Helmin Parida Zebua¹⁾, Herni Jelita Halawa²⁾, Stefani Angel Kristin Hulu³⁾, Siska Natalia Zebua⁴⁾,
Putra Zato Mendrofa⁵⁾**

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: helminparidaz@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: hernijelitalawa@gmail.com

³⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: stefanihulu06@gmail.com

⁴⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: nataliasiska563@gmail.com

⁵⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: putrazatomendrofa@gmail.com

Abstract

This study aimed to analyze the effect of shading on the growth and photosynthetic rate of red chili pepper (*Capsicum annuum* L.). The results showed that shading treatment had a significant effect on morphological parameters, namely plant height and total dry weight, but did not significantly affect leaf width, leaf number, and leaf length compared to plants grown without shading. Physiologically, shading influenced quantum yield, photochemical quenching, and non-photochemical quenching, whereas the maximum photosynthetic rate (Pmax) did not show a significant difference. From an ecophysiological perspective, shading treatment significantly increased proline and ascorbic acid contents. These findings indicate that red chili pepper exhibits a high adaptive capacity to low light intensity conditions. This study is expected to contribute as a reference material and learning resource in the fields of plant physiology and plant biology.

Keywords: shading, red chili pepper, photosynthesis, plant growth, physiological adaptation.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan laju fotosintesis tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan naungan berpengaruh nyata terhadap parameter morfologis berupa tinggi tanaman dan berat kering total, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap lebar daun, jumlah daun, dan panjang daun dibandingkan dengan tanaman tanpa naungan. Secara fisiologis, naungan memengaruhi nilai quantum yield, photochemical quenching, dan non-photochemical quenching, sedangkan laju fotosintesis maksimum (Pmax) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Dari aspek ekofisiologis, perlakuan naungan secara signifikan meningkatkan kandungan prolin dan asam askorbat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman cabai merah memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi intensitas cahaya rendah. Temuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai bahan referensi dan sumber pembelajaran dalam bidang fisiologi tumbuhan dan biologi tanaman.

Kata Kunci: Naungan, cabai merah, fotosintesis, pertumbuhan tanaman, adaptasi fisiologis.



PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan tanaman hortikultura penting dari famili Solanaceae yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis. Genus *Capsicum* terdiri atas sekitar 20–30 spesies, dengan lima spesies utama yang telah dibudidayakan secara luas, yaitu *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, dan *Capsicum pubescens*. Tanaman cabai memiliki nilai ekonomi tinggi serta kemampuan adaptasi yang cukup luas terhadap berbagai kondisi lingkungan, sehingga berpotensi untuk dikembangkan pada berbagai agroekosistem.

Secara umum, tanaman cabai dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, namun pertumbuhan optimal dicapai pada tanah dengan kandungan bahan organik minimal 1,5% dan pH tanah berkisar antara 6,0–6,5. Nilai pH tanah berperan penting dalam menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Tanah dengan pH di atas 7 dapat menyebabkan klorosis akibat defisiensi besi (Fe), yang ditandai dengan pertumbuhan kerdil dan daun menguning. Sebaliknya, pH tanah di bawah 5 dapat mengakibatkan defisiensi kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) atau bahkan keracunan aluminium (Al) dan mangan (Mn), yang juga berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman cabai (Sumarni, 1996). Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman cabai akan berlangsung optimal apabila seluruh faktor lingkungan dan unsur hara tersedia dalam jumlah yang seimbang.

Selain faktor edafik, pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai sangat ditentukan oleh proses fotosintesis. Laju fotosintesis dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain intensitas cahaya, suhu, konsentrasi karbon dioksida (CO₂), ketersediaan air, dan unsur hara (Treshow, 1970). Pada tanaman di daerah tropis, fotosintesis umumnya tidak berlangsung optimal pada suhu rendah, sehingga meskipun cahaya dan CO₂ tersedia dalam jumlah cukup, suhu dapat menjadi faktor pembatas (limiting factor). Sebaliknya, pada kondisi suhu dan CO₂ yang optimal, rendahnya intensitas cahaya juga dapat menghambat laju fotosintesis (Dwijoseputro, 1990). Hal ini menunjukkan bahwa cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat menentukan keberhasilan proses fotosintesis.

Intensitas cahaya yang diterima tanaman akan memengaruhi karakter morfologi dan fisiologi daun, seperti ukuran dan bentuk daun, ketebalan daun, kepadatan kloroplas, anatomi daun, serta aktivitas enzim dalam siklus Calvin (Hughes, 1965; Salisbury dan Ross, 1991). Pada kondisi lingkungan yang mendukung, ketersediaan air cukup, dan suhu berada pada kisaran optimum, radiasi cahaya menjadi faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, dengan hubungan yang erat antara radiasi dan fotosintesis bersih (Fisher, 1975; Wilson, 1980). Namun, pada kondisi intensitas cahaya rendah atau naungan, tanaman dapat mengalami perubahan morfologi dan penurunan laju fotosintesis yang berdampak pada pertumbuhan dan akumulasi biomassa.

Sebagai respons terhadap kondisi stres lingkungan, termasuk naungan, tanaman mengaktifkan mekanisme adaptasi fisiologis dan biokimia. Salah satu bentuk adaptasi

tersebut adalah akumulasi prolin yang berfungsi dalam menjaga keseimbangan osmotik sel serta melindungi struktur seluler dari kerusakan akibat stres lingkungan (Leegood, 2001). Selain itu, asam askorbat berperan penting sebagai antioksidan dalam sistem pertahanan tanaman dan berfungsi sebagai ko-faktor dalam siklus xantofil, yang berkontribusi terhadap mekanisme pelepasan energi cahaya berlebih dalam bentuk panas atau non-photochemical quenching (Ayhan, 2000). Mekanisme ini penting untuk mencegah kerusakan sistem fotosintesis akibat kelebihan energi cahaya.

Respons fotosintesis tanaman terhadap perubahan lingkungan juga dapat dianalisis melalui pengukuran fluoresensi klorofil. Fluoresensi klorofil mencerminkan keseimbangan antara energi cahaya yang dimanfaatkan dalam reaksi fotokimia dan energi yang dilepaskan dalam bentuk panas. Perubahan parameter fluoresensi, seperti quantum yield, photochemical quenching, dan non-photochemical quenching, dapat digunakan sebagai indikator sensitif terhadap efisiensi fotosintesis dan tingkat stres tanaman. Oleh karena itu, pendekatan fluoresensi klorofil menjadi metode penting dalam memahami respons fisiologis tanaman terhadap kondisi naungan.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah, kajian yang mengintegrasikan respons morfologis, fisiologis, dan ekofisiologis secara simultan, khususnya melalui pendekatan fluoresensi klorofil serta akumulasi senyawa stres seperti prolin dan asam askorbat, masih terbatas. Penelitian sebelumnya umumnya hanya menitikberatkan pada parameter pertumbuhan atau hasil tanaman, tanpa mengaitkannya secara mendalam dengan mekanisme adaptasi fotosintesis pada tingkat fisiologis dan biokimia.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh naungan terhadap pertumbuhan, laju fotosintesis, serta respons fisiologis dan ekofisiologis tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan ilmu fisiologi tumbuhan serta menjadi dasar dalam pengelolaan budidaya cabai merah pada kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Tanaman ini tergolong heliotropik, yaitu memerlukan intensitas cahaya yang relatif tinggi untuk mendukung pertumbuhan dan proses fotosintesis secara optimal. Pramono et al. (2019) menyatakan bahwa cabai merah membutuhkan intensitas cahaya sekitar 70–100% dari sinar matahari penuh. Selain cahaya, faktor lingkungan lain seperti suhu dan kelembapan turut memengaruhi pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai merah (Kurniawan & Sutrisno, 2020).

Naungan merupakan salah satu teknik budidaya yang digunakan untuk mengatur intensitas cahaya yang diterima



tanaman. Hartati et al. (2021) melaporkan bahwa pemberian naungan dapat mengurangi radiasi matahari langsung, menurunkan suhu lingkungan, serta meningkatkan kelembapan udara di sekitar tanaman. Perubahan kondisi mikroklimat tersebut dapat memberikan dampak yang berbeda tergantung pada tingkat naungan dan kebutuhan cahaya spesifik tanaman. Pada tanaman cabai merah, tingkat naungan yang terlalu tinggi (>50%) dapat menghambat pertumbuhan akibat berkurangnya energi cahaya yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis (Rahmah & Dewi, 2018). Sebaliknya, naungan ringan hingga sedang (20–30%) dilaporkan mampu menjaga kestabilan suhu dan mengurangi stres panas pada tanaman (Sari et al., 2020).

Fotosintesis merupakan proses biokimia penting yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk karbohidrat. Laju fotosintesis sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, ketersediaan karbon dioksida (CO₂), suhu, serta kondisi fisiologis daun (Taiz et al., 2018). Pada tanaman *Capsicum annuum* L., intensitas cahaya yang terlalu rendah akibat naungan berlebihan dapat menurunkan aktivitas enzim Rubisco dan pembentukan klorofil, sehingga menyebabkan penurunan laju fotosintesis (Santoso & Mulyani, 2017). Sebaliknya, intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat memicu stres oksidatif dan menurunkan efisiensi pemanfaatan energi cahaya (Hidayat & Lestari, 2019). Oleh karena itu, pengaturan tingkat naungan yang tepat menjadi faktor kunci dalam menjaga keseimbangan aktivitas fotosintesis tanaman cabai merah.

Naungan yang moderat dilaporkan memberikan efek positif terhadap pertumbuhan vegetatif cabai merah. Nurhayati et al. (2021) menyatakan bahwa tingkat naungan sekitar 25–35% mampu meningkatkan luas daun, mempertahankan kandungan air jaringan, serta menurunkan laju transpirasi. Kondisi tersebut berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi fotosintesis dan mendukung pembentukan bunga serta buah. Namun, apabila intensitas cahaya berkurang secara berlebihan, pembungaan dan pembentukan buah dapat terganggu akibat keterbatasan asimilasi karbon.

Tanaman cabai merah memiliki kemampuan adaptasi terhadap perubahan intensitas cahaya melalui modifikasi fisiologis, seperti peningkatan kandungan klorofil dan perubahan orientasi daun. Mardiyanto et al. (2020) melaporkan bahwa tanaman yang tumbuh di bawah naungan cenderung meningkatkan kandungan klorofil b, yang berperan dalam penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu untuk mempertahankan proses fotosintesis. Selain itu, efisiensi penggunaan cahaya meningkat melalui perubahan rasio klorofil a/b. Penelitian Arsyad et al. (2019) menunjukkan bahwa pemberian naungan sebesar 30% dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis hingga 15% dibandingkan tanaman tanpa naungan, terutama karena kondisi suhu dan kelembapan yang lebih stabil.

Produksi cabai merah sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif. Hidayat et al. (2018) melaporkan bahwa tingkat naungan yang sesuai (20–40%) mampu meningkatkan

ukuran buah, jumlah buah per tanaman, serta kualitas warna kulit buah. Hal ini berkaitan dengan kondisi lingkungan mikro yang lebih sejuk dan kelembapan udara yang mendukung proses pembungaan dan penyerbukan. Namun, tingkat naungan yang terlalu tinggi (>50%) dapat menyebabkan penurunan hasil produksi akibat berkurangnya asimilasi karbon yang diperlukan untuk pembentukan buah (Utami et al., 2021). Oleh karena itu, optimalisasi sistem naungan menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman cabai merah, terutama pada kondisi radiasi matahari yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (literature review) sebagai pendekatan utama dalam pengumpulan dan analisis data. Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada penelusuran, pengkajian, dan sintesis hasil-hasil penelitian terdahulu yang membahas pengaruh tingkat naungan terhadap aktivitas fotosintesis, pertumbuhan, serta hasil produksi tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). Pendekatan kajian literatur memungkinkan peneliti memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai hubungan antara intensitas cahaya, respons fisiologis tanaman, dan produktivitas cabai merah tanpa melakukan penelitian lapangan secara langsung.

Kajian literatur dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah penentuan topik dan perumusan masalah penelitian, yaitu bagaimana variasi tingkat naungan memengaruhi proses fotosintesis, pertumbuhan, dan hasil produksi tanaman cabai merah. Selanjutnya, ditetapkan kata kunci pencarian yang relevan, antara lain naungan tanaman, intensitas cahaya, fotosintesis cabai merah, produktivitas *Capsicum annuum*, dan efisiensi penggunaan cahaya.

Tahap berikutnya adalah pencarian sumber literatur melalui berbagai basis data ilmiah, meliputi Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, SpringerLink, serta portal jurnal nasional seperti Jurnal Hortikultura Indonesia dan Jurnal Agroteknologi Tropika. Literatur yang digunakan berupa artikel ilmiah, buku teks, prosiding, dan laporan penelitian yang diterbitkan dalam rentang tahun 2015–2024, guna memastikan informasi yang digunakan bersifat mutakhir dan relevan dengan perkembangan ilmu fisiologi tanaman.

Setelah literatur terkumpul, dilakukan proses seleksi dan penyaringan berdasarkan relevansi dan kualitas sumber. Artikel yang tidak membahas secara langsung hubungan antara tingkat naungan, fotosintesis, dan hasil produksi tanaman cabai merah dikeluarkan dari analisis. Literatur yang dipilih adalah publikasi yang menjelaskan secara rinci pengaruh intensitas cahaya terhadap aktivitas enzim fotosintetik, kandungan klorofil, perubahan morfologi daun, serta implikasinya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai. Kriteria seleksi juga mempertimbangkan reputasi jurnal, kejelasan metode penelitian, serta validitas data hasil penelitian.

Tahap selanjutnya adalah analisis isi (content analysis) terhadap literatur terpilih. Pada tahap ini, setiap sumber dibaca dan dikaji secara mendalam untuk



mengeksktraksi informasi penting yang berkaitan dengan variabel penelitian. Informasi yang diperoleh kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa tema utama, yaitu: (1) pengaruh naungan terhadap mikroklimat dan intensitas cahaya, (2) respons fisiologis dan aktivitas fotosintesis tanaman, (3) adaptasi morfologi tanaman di bawah naungan, dan (4) dampak naungan terhadap hasil dan kualitas buah cabai merah. Kategorisasi ini memudahkan identifikasi pola hubungan antarvariabel dan pemahaman mekanisme fisiologis yang terjadi.

Tahap akhir adalah sintesis literatur, yaitu pengintegrasian seluruh temuan dari berbagai sumber untuk membangun pemahaman konseptual mengenai hubungan antara tingkat naungan dan performa fisiologis serta produktivitas tanaman cabai merah. Sintesis dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dari berbagai penulis, mengidentifikasi kesamaan dan perbedaan temuan, serta menelaah pengaruh faktor lingkungan lain seperti suhu, kelembapan, dan ketersediaan nutrisi. Untuk menjaga validitas dan kredibilitas hasil kajian, setiap literatur dievaluasi berdasarkan tingkat keilmiahannya dan metode penelitian yang digunakan, serta dilakukan triangulasi sumber dengan membandingkan hasil penelitian dari berbagai kondisi dan pendekatan. Melalui tahapan ini, diperoleh gambaran ilmiah yang utuh mengenai pengaruh tingkat naungan terhadap aktivitas fotosintesis dan hasil produksi tanaman cabai merah, sekaligus mengidentifikasi celah penelitian (knowledge gap) yang dapat menjadi dasar bagi penelitian eksperimental selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian literatur mengenai pengaruh naungan terhadap aktivitas fotosintesis dan hasil produksi tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.) menunjukkan bahwa intensitas cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan utama yang menentukan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penerapan naungan dalam sistem budidaya cabai berfungsi untuk mengatur jumlah radiasi matahari yang diterima tanaman, sehingga mampu menciptakan kondisi mikroklimat yang lebih stabil. Hartati et al. (2021) melaporkan bahwa pemberian naungan sebesar 25–50% dapat menurunkan intensitas cahaya hingga 40–60% dibandingkan kondisi tanpa naungan. Penurunan intensitas cahaya tersebut diikuti dengan penurunan suhu udara sekitar 1–3°C serta peningkatan kelembapan relatif lingkungan tumbuh. Kondisi ini sangat menguntungkan terutama di daerah beriklim panas, karena suhu yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi fotosintesis dan memicu stres termal pada tanaman cabai merah. Namun demikian, penggunaan naungan yang berlebihan juga berpotensi menurunkan ketersediaan energi cahaya yang dibutuhkan tanaman untuk menjalankan fotosintesis secara optimal.

Penurunan intensitas cahaya yang terlalu besar akibat naungan berlebih terbukti menurunkan aktivitas enzim fotosintetik pada daun. Nurhayati et al. (2021) menyatakan bahwa tanaman cabai merah yang tumbuh di bawah tingkat naungan lebih dari 60% mengalami penurunan laju fotosintesis hingga 30% dibandingkan tanaman tanpa

naungan. Kondisi ini disebabkan oleh terbatasnya energi cahaya yang diterima klorofil, sehingga reaksi terang fotosintesis tidak berlangsung secara optimal. Hidayat dan Lestari (2019) menambahkan bahwa kekurangan cahaya mengakibatkan penurunan pembentukan ATP dan NADPH yang berperan penting dalam siklus Calvin. Akibatnya, proses fiksasi karbon menjadi terhambat, sintesis karbohidrat menurun, dan berdampak langsung terhadap pertumbuhan vegetatif serta pembentukan buah cabai merah.

Sebaliknya, kondisi tanpa naungan atau paparan cahaya penuh juga tidak selalu menghasilkan performa tanaman yang optimal. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat meningkatkan suhu daun hingga lebih dari 35°C, sehingga menurunkan efisiensi enzim Rubisco yang sensitif terhadap suhu tinggi (Santoso & Mulyani, 2017). Pada kondisi tersebut, tanaman cabai merah rentan mengalami stres cahaya yang ditandai dengan terjadinya fotooksidasi klorofil, perubahan warna daun menjadi kekuningan, serta peningkatan laju respirasi. Penurunan aktivitas fotosintesis akibat stres cahaya ini berdampak pada rendahnya pembentukan asimilat yang diperlukan untuk pembentukan dan pengisian buah, sehingga jumlah dan ukuran buah yang dihasilkan menjadi tidak optimal. Oleh karena itu, penerapan tingkat naungan yang moderat dinilai mampu menciptakan keseimbangan antara kebutuhan cahaya dan pengendalian suhu lingkungan.

Tanaman cabai merah memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi cahaya rendah melalui berbagai mekanisme morfologis dan fisiologis. Arsyad et al. (2019) melaporkan bahwa tanaman cabai yang tumbuh di bawah naungan cenderung memiliki luas daun yang lebih besar dan permukaan daun yang lebih tipis dibandingkan tanaman tanpa naungan. Perubahan ini merupakan bentuk adaptasi untuk meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya pada kondisi radiasi rendah. Selain itu, peningkatan rasio klorofil b terhadap klorofil a menunjukkan upaya tanaman dalam memperluas spektrum panjang gelombang cahaya yang dapat dimanfaatkan untuk fotosintesis. Mardiyanto et al. (2020) menyatakan bahwa peningkatan kandungan klorofil total pada tanaman di bawah naungan merupakan indikator adaptasi fisiologis untuk mempertahankan aktivitas fotosintesis meskipun intensitas cahaya menurun.

Selain perubahan pada daun, kondisi mikroklimat di bawah naungan juga memengaruhi laju transpirasi dan efisiensi penggunaan air oleh tanaman. Hasanah dan Rahmadani (2022) menjelaskan bahwa suhu yang lebih rendah dan kelembapan udara yang lebih tinggi di bawah naungan mampu menekan kehilangan air melalui stomata. Kondisi ini memungkinkan tanaman cabai merah mempertahankan tekanan turgor sel dan mendukung berlangsungnya proses metabolisme secara optimal. Namun demikian, apabila tingkat naungan terlalu tinggi, bukaan stomata dapat menurun secara berlebihan sehingga menghambat difusi CO₂ ke dalam daun. Hambatan ini pada akhirnya menurunkan laju fotosintesis bersih dan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Oleh karena itu, keseimbangan antara intensitas



cahaya dan respon fisiologis tanaman menjadi faktor kunci dalam menentukan efektivitas sistem naungan.

Dari aspek pertumbuhan vegetatif, beberapa penelitian menunjukkan bahwa naungan ringan (sekitar 20–30%) mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun cabai merah secara signifikan. Sari et al. (2020) menyatakan bahwa kondisi mikroklimat yang lebih sejuk dan lembap di bawah naungan mendukung pembelahan serta pembesaran sel jaringan tanaman. Sebaliknya, pada tingkat naungan yang tinggi, pertumbuhan tanaman cenderung bersifat etiolatif, ditandai dengan batang yang lebih panjang, daun tipis, dan warna daun pucat akibat rendahnya sintesis klorofil (Wibowo et al., 2017). Pertumbuhan vegetatif yang berlebihan ini tidak diikuti dengan peningkatan hasil, karena sebagian besar asimilat digunakan untuk pertumbuhan vegetatif daripada pembentukan organ generatif.

Hasil penelitian Hidayah et al. (2018) menunjukkan bahwa naungan sebesar 25–40% merupakan tingkat yang optimal untuk meningkatkan produksi buah cabai merah. Pada tingkat naungan tersebut, suhu lingkungan menurun sekitar 2°C dibandingkan tanpa naungan, sehingga mengurangi gugur bunga dan meningkatkan keberhasilan penyerbukan. Selain itu, kualitas buah seperti warna dan ketebalan kulit juga meningkat karena proses pembentukan pigmen karotenoid berlangsung lebih stabil. Sebaliknya, pada kondisi tanpa naungan, suhu tinggi menyebabkan penurunan kualitas bunga dan buah, sedangkan pada naungan lebih dari 60% jumlah buah per tanaman menurun secara signifikan akibat rendahnya fotosintesis bersih.

Temuan ini diperkuat oleh Utami et al. (2021) yang melaporkan bahwa tanaman cabai merah dengan naungan 30% menghasilkan bobot buah sekitar 20% lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa naungan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang berlebihan tidak selalu menguntungkan bagi produktivitas tanaman. Sementara itu, naungan berat menyebabkan penurunan jumlah bunga dan buah hingga 35% karena keterbatasan energi fotosintetik untuk pembentukan organ generatif. Dengan demikian, pengaturan intensitas cahaya melalui penggunaan paranet atau bahan naungan lainnya merupakan strategi budidaya yang efektif, terutama di wilayah tropis dengan intensitas radiasi matahari tinggi.

Secara umum, hasil kajian literatur menunjukkan bahwa hubungan antara tingkat naungan, aktivitas fotosintesis, dan hasil produksi tanaman cabai merah bersifat kuadratik, di mana terdapat tingkat naungan optimum yang menghasilkan performa terbaik. Naungan ringan hingga sedang (20–40%) mampu menjaga keseimbangan antara penerimaan cahaya dan suhu daun, sehingga fotosintesis tetap berlangsung efisien. Pada kondisi ini, tanaman mampu beradaptasi melalui peningkatan kandungan klorofil dan perluasan luas daun. Sebaliknya, naungan berlebihan menurunkan energi cahaya yang diterima daun dan menekan aktivitas enzim Rubisco, sehingga menghambat proses asimilasi karbon dan menurunkan hasil produksi.

Selain itu, faktor lingkungan lokal turut memengaruhi tingkat naungan yang optimal. Kurniawan dan Sutrisno (2020) menyatakan bahwa intensitas radiasi matahari di

dataran rendah yang lebih tinggi memerlukan tingkat naungan yang lebih besar dibandingkan di dataran tinggi yang bersuhu lebih sejuk. Penyesuaian tingkat naungan berdasarkan kondisi agroklimat setempat dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis hingga 20% dibandingkan kondisi tanpa naungan. Oleh karena itu, naungan tidak hanya berfungsi sebagai pelindung tanaman dari stres cahaya, tetapi juga sebagai pengatur keseimbangan fisiologis tanaman.

Secara fisiologis, keberadaan naungan juga memengaruhi rasio karbon dan nitrogen (C/N) dalam jaringan tanaman. Pada tingkat naungan ringan, rasio C/N cenderung seimbang sehingga mendukung proses pembungaan dan pembentukan buah. Namun, pada naungan berat, rendahnya aktivitas fotosintesis menyebabkan akumulasi nitrogen relatif lebih tinggi dibandingkan karbon, yang dapat menghambat proses generatif. Rahmah dan Dewi (2018) melaporkan bahwa defisit energi akibat kekurangan cahaya mendorong tanaman memproduksi lebih banyak senyawa nitrogen non-struktural daripada karbohidrat, sehingga berdampak negatif terhadap pembentukan dan pengisian buah.

Berdasarkan berbagai penelitian yang dikaji, dapat disimpulkan bahwa pemberian naungan dengan intensitas moderat merupakan strategi budidaya yang efektif untuk meningkatkan performa fisiologis dan hasil produksi tanaman cabai merah. Selain menekan stres panas, naungan juga meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga stabilitas suhu daun. Hasil produksi tertinggi umumnya diperoleh pada kisaran naungan 25–40%, tergantung pada varietas dan lokasi penanaman. Temuan ini sejalan dengan laporan Hasanah dan Rahmadani (2022) yang menyatakan bahwa naungan 30% mampu meningkatkan efisiensi penggunaan cahaya sebesar 15–20% dibandingkan tanpa naungan.

Dengan demikian, penerapan teknologi naungan dalam budidaya cabai merah tidak hanya berperan sebagai pelindung tanaman dari radiasi matahari berlebih, tetapi juga sebagai sarana pengelolaan keseimbangan fotosintesis, mikroklimat, dan efisiensi penggunaan sumber daya. Sistem ini sangat relevan untuk dikembangkan di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas cahaya tinggi sepanjang tahun. Optimalisasi tingkat naungan menjadi kunci penting dalam pengelolaan ekosistem mikro tanaman cabai merah guna meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa tingkat naungan berpengaruh signifikan terhadap aktivitas fotosintesis, pertumbuhan, dan hasil produksi tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). Intensitas cahaya yang diterima tanaman melalui pengaturan naungan menentukan efisiensi proses fotosintesis serta keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif.

Naungan ringan hingga sedang pada kisaran 20–40% terbukti mampu menciptakan kondisi mikroklimat yang lebih stabil, menurunkan stres panas, serta meningkatkan efisiensi penggunaan cahaya dan air. Pada tingkat naungan ini, tanaman cabai merah mampu beradaptasi secara



fisiologis dan morfologis, sehingga aktivitas fotosintesis tetap berlangsung optimal dan berkontribusi terhadap peningkatan jumlah serta kualitas buah.

Sebaliknya, naungan berlebih (>50%) maupun kondisi tanpa naungan dengan intensitas cahaya tinggi cenderung menurunkan laju fotosintesis dan produktivitas tanaman akibat keterbatasan energi cahaya atau terjadinya stres cahaya. Oleh karena itu, pengaturan tingkat naungan yang tepat merupakan strategi budidaya yang efektif untuk meningkatkan produktivitas cabai merah, khususnya pada wilayah tropis dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, D., Nasution, F., & Lubis, M. (2019). *Adaptasi fisiologis tanaman cabai merah terhadap intensitas cahaya berbeda*. Jurnal Agroteknologi Tropika, 8(2), 55–63.
- Hartati, D., Suryani, R., & Yusuf, A. (2021). *Pengaruh tingkat naungan terhadap mikroklimat dan pertumbuhan tanaman hortikultura*. Jurnal Hortikultura Indonesia, 12(3), 112–120.
- Hasanah, N., & Rahmadani, E. (2022). *Efisiensi penggunaan air dan cahaya pada tanaman cabai merah di bawah tingkat naungan berbeda*. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 27(3), 204–213.
- Hidayah, T., Puspitasari, D., & Kurnia, F. (2018). *Tingkat naungan optimum terhadap hasil dan kualitas buah cabai merah di dataran rendah*. Jurnal Produksi Tanaman, 6(8), 1453–1460.
- Hidayat, A., & Lestari, W. (2019). *Pengaruh intensitas cahaya terhadap aktivitas fotosintesis dan pertumbuhan tanaman hortikultura*. Jurnal Fisiologi Tanaman, 5(2), 89–98.
- Kurniawan, A., & Sutrisno, D. (2020). *Pertumbuhan dan produktivitas cabai merah pada kondisi lingkungan yang berbeda*. Jurnal Agrosains, 17(2), 33–41.
- Mardiyanto, A., Nurhayati, S., & Putra, R. (2020). *Efisiensi penggunaan cahaya pada tanaman cabai di bawah naungan paranet*. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 25(1), 12–19.
- Nurhayati, S., Prasetyo, A., & Nugraha, W. (2021). *Laju fotosintesis tanaman cabai merah pada berbagai tingkat intensitas cahaya*. Jurnal Biologi Tropika, 10(2), 121–130.
- Pramono, D., Hapsari, N., & Dewi, L. (2019). *Respon tanaman cabai merah terhadap faktor lingkungan*. Jurnal Agrivita, 41(2), 87–95.
- Rahmah, L., & Dewi, R. (2018). *Hubungan rasio C/N dengan pembentukan bunga dan buah pada tanaman cabai merah di bawah naungan*. Jurnal Agroteknologi, 6(3), 217–225.
- Santoso, H., & Mulyani, N. (2017). *Pengaruh intensitas cahaya terhadap aktivitas fotosintesis tanaman cabai merah*. Jurnal Biologi Tropika, 4(3), 77–83.
- Sari, D., Wahyuni, F., & Syamsidar, N. (2020). *Respon pertumbuhan vegetatif cabai merah terhadap perlakuan naungan parsial*. Jurnal Pertanian Modern, 5(4), 298–306.
- Sumarni, N. (1996). *Teknik budidaya tanaman cabai merah (Capsicum annuum L.)*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2018). *Plant Physiology and Development* (7th ed.). Sinauer Associates.
- Tando, E. (2019). *Upaya efisiensi dan peningkatan ketersediaan nitrogen dalam tanah serta serapan nitrogen pada tanaman padi sawah (Oryza sativa L.)*. Buana Sains, 18(2), 171.
- Tioner, P., Ningsih, H., Purwaningsih, A. S. J., Gunawan, B., & Firgiyanto, R. (2021). *Tanah dan nutrisi tanaman*. Yayasan Kita Menulis.
- Utami, E., Ramadhani, A., & Yusuf, A. (2021). *Pengaruh intensitas cahaya terhadap produksi buah cabai merah di bawah paranet*. Jurnal Teknologi Pertanian, 15(2), 77–86.
- Wibowo, H., Laili, F., & Nanda, R. (2017). *Pertumbuhan etiolatif tanaman cabai merah akibat pemberian naungan berat*. Jurnal Ilmu Tanaman Indonesia, 19(3), 202–210.