

Optimalisasi Produktivitas Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) di Indonesia: Strategi Budidaya dan Teknologi

Optimizing the Productivity of Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Indonesia: Cultivation Strategies and Technology

Pradita Maharani ^{*1}, Satrio Pamungkas²

^{1,2} Politeknik Negeri Banyuwangi, Indonesia

e-mail correspondence author: maharani.pradita76@gmail.com

Received: 09-08-2026

Accepted: 19-09-2026

Published: 22-09-2026

Abstrak

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi di Indonesia, namun produktivitasnya masih belum optimal akibat pendekatan budidaya yang cenderung parsial dan belum terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara kritis strategi budidaya dan inovasi teknologi yang berpotensi mengoptimalkan produktivitas buah naga merah di Indonesia melalui kajian literatur sistematis berbasis sintesis tematik dari studi empiris dan review pada aspek nutrisi, media tanam, pengelolaan air, teknologi pencahayaan LED, varietas, serta pengendalian hama dan penyakit. Hasil sintesis menunjukkan bahwa produktivitas ditentukan oleh interaksi kompleks antara faktor fisiologis, lingkungan, dan teknologi, di mana nutrisi dan media tanam menjadi fondasi pertumbuhan, pengelolaan air menjaga keseimbangan fisiologis, LED meningkatkan efisiensi fotosintesis dan pembungaan, varietas menentukan potensi genetik serta adaptasi, dan pengendalian hama dan penyakit menjaga stabilitas hasil. Namun, kajian yang ada masih bersifat terfragmentasi dan belum menghasilkan model integratif yang menjelaskan sistem produksi secara komprehensif. Oleh karena itu, optimalisasi produktivitas membutuhkan pendekatan sistemik berbasis integrasi teknologi presisi, budidaya adaptif, dan manajemen agribisnis untuk meningkatkan efisiensi, stabilitas produksi, serta daya saing buah naga di Indonesia.

Kata Kunci: Buah Naga Merah; Produktivitas; Budidaya Terpadu; Teknologi LED; Pertanian Presisi

*Red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) is a high-value horticultural commodity in Indonesia; however, its productivity remains suboptimal due to cultivation practices that are generally fragmented and insufficiently integrated. This study critically examines cultivation strategies and technological innovations with the potential to optimize red dragon fruit productivity in Indonesia through a systematic literature review employing thematic synthesis of empirical and review studies. The analysis focuses on key production components, including nutrient management, growing media, water management, LED lighting technology, varietal selection, and pest and disease control. The synthesis reveals that productivity is determined by the complex interaction of physiological, environmental, and technological factors. Nutrient management and growing media provide the foundation for plant growth; water management maintains physiological balance; LED technology enhances photosynthetic efficiency and flowering; varietal selection determines genetic potential and environmental adaptability; and effective pest and disease management ensures production stability. Nevertheless, existing studies remain fragmented and have yet to establish an integrative framework that comprehensively explains the production system. Therefore, optimizing red dragon fruit productivity requires a systemic approach that integrates precision agriculture technologies, adaptive cultivation practices, and agribusiness management to improve production efficiency, yield stability, and the competitiveness of Indonesia's red dragon fruit industry.*

Keywords: Red Dragon Fruit; Productivity; Integrated Cultivation; LED Technology; Precision Agriculture

Maharani, P., & Pamungkas, S. (2026). Optimalisasi Produktivitas Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) di Indonesia: Strategi Budidaya dan Teknologi. *RESET: Review of Education, Science, and Technology*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.66031/reset.v2i1.648>

Copyright ©2026 to the Author. Published by CV. Ihsan Cahaya Pustaka

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



PENDAHULUAN

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan salah satu komoditas hortikultura tropis yang semakin mendapat perhatian dalam sistem pertanian dan perdagangan global. Peningkatan permintaan pasar terhadap buah naga tidak hanya didorong oleh karakteristik sensori dan nilai komersialnya, tetapi juga oleh kandungan serat, vitamin, antioksidan, dan senyawa bioaktif yang berpotensi mendukung kesehatan manusia (Chrisanto et al., 2020; Harithpriya & Jeyachandran, 2019; Pansai et al., 2020). Dalam konteks pertanian modern, buah naga dipandang sebagai komoditas strategis yang mampu mendukung diversifikasi pangan, peningkatan pendapatan petani, serta pengembangan sistem pertanian yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim (Balaji et al., 2025; Sharma et al., 2021). Selain memiliki nilai ekonomi yang tinggi, tanaman ini menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik pada berbagai kondisi agroekologi, termasuk lahan dengan keterbatasan air dan tingkat kesuburan yang relatif rendah, sehingga berpotensi dikembangkan secara lebih luas pada wilayah tropis dan subtropis (Balaji et al., 2025; Kakade et al., 2025).

Di Indonesia, buah naga merah telah berkembang menjadi salah satu komoditas hortikultura unggulan dengan sebaran produksi yang terus meluas, terutama di Jawa Timur, Bali, Jawa Tengah, dan Sumatera Utara. Perkembangan tersebut didorong oleh tingginya permintaan pasar domestik maupun ekspor yang memberikan peluang ekonomi yang menjanjikan bagi petani dan pelaku agribisnis (Paundrianagari et al., 2019; Setiawan & Januar, 2021). Berbagai studi menunjukkan bahwa usahatani buah naga mampu memberikan keuntungan yang kompetitif dibandingkan beberapa komoditas pertanian lainnya sehingga mendorong terjadinya diversifikasi usaha tani di berbagai daerah sentra produksi (Sintia et al., 2018; Setiawan & Januar, 2021). Namun demikian, peningkatan luas areal tanam dan tingginya permintaan pasar belum sepenuhnya diikuti oleh peningkatan produktivitas dan kualitas hasil yang stabil. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan buah naga nasional masih menghadapi berbagai kendala teknis dan manajerial yang perlu mendapatkan perhatian serius.

Salah satu tantangan utama dalam budidaya buah naga merah adalah tingginya ketergantungan tanaman terhadap kondisi lingkungan, terutama ketersediaan cahaya, air, dan nutrisi. Penurunan intensitas cahaya pada musim hujan sering menyebabkan gangguan pembungaan, keterlambatan pembentukan buah, serta penurunan hasil panen sehingga produksi menjadi fluktuatif sepanjang tahun (Ferdianti & Sudarti, 2021; Rashid et al., 2021). Selain faktor lingkungan, serangan penyakit juga menjadi pembatas produktivitas yang signifikan. Penyakit *stem brown spot* yang disebabkan oleh *Neoscytalidium dimidiatum* dilaporkan mampu menurunkan kualitas dan kuantitas produksi apabila tidak ditangani secara efektif (Woraathakorn et al., 2021). Di tingkat usaha tani, permasalahan tersebut sering diperparah oleh pengelolaan nutrisi yang belum optimal, penggunaan teknologi budidaya yang terbatas, serta penerapan praktik pemeliharaan tanaman yang belum berbasis pada

kebutuhan fisiologis tanaman secara spesifik (Ali, 2026; Belbase & Balaji Bhaskar, 2025).

Berbagai penelitian telah mengidentifikasi sejumlah strategi yang berpotensi meningkatkan produktivitas buah naga. Pengelolaan nutrisi yang tepat terbukti berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif, pembungaan, dan hasil panen tanaman (Ali, 2026). Keberhasilan budidaya juga dipengaruhi oleh kualitas bibit dan media tanam yang digunakan pada tahap perbanyakan, karena faktor tersebut menentukan vigor tanaman pada fase pertumbuhan awal (Anagha et al., 2025). Di sisi lain, penerapan manajemen hama dan penyakit terpadu berbasis pendekatan ramah lingkungan menjadi semakin penting untuk menjaga keberlanjutan produksi sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis (Belbase & Bhaskar, 2025; Woraathakorn et al., 2021). Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas buah naga memerlukan pendekatan budidaya yang terintegrasi dan tidak hanya bertumpu pada satu faktor produksi.

Sejalan dengan perkembangan pertanian presisi, inovasi teknologi menjadi salah satu instrumen penting dalam menjawab berbagai kendala budidaya buah naga. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah penggunaan pencahayaan buatan berbasis *Light Emitting Diode* (LED). Di Indonesia, teknologi penyinaran telah lama dimanfaatkan untuk merangsang pembungaan di luar musim dan meningkatkan kontinuitas produksi buah naga (Firdaus et al., 2019; Susanto & Rondhi, 2021). Penelitian pada buah naga merah menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED mampu memengaruhi pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas fotosintesis dan respons fisiologis lainnya (Saputra et al., 2020). Hasil tersebut sejalan dengan berbagai penelitian pada tanaman hortikultura yang menunjukkan bahwa kombinasi cahaya merah dan biru dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis, pertumbuhan biomassa, dan produktivitas tanaman secara signifikan (Gao et al., 2022; Wang et al., 2024). Selain itu, teknologi LED menawarkan efisiensi energi yang lebih tinggi, umur pakai yang lebih panjang, serta fleksibilitas pengaturan spektrum cahaya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman (Loconsole et al., 2019; Malabadi et al., 2024; Su et al., 2025). Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi LED berpotensi menjadi solusi strategis untuk mengatasi keterbatasan cahaya alami dan meningkatkan produktivitas buah naga secara berkelanjutan.

Meskipun berbagai penelitian mengenai buah naga telah berkembang pesat, sebagian besar kajian masih berfokus pada aspek-aspek tertentu secara terpisah, seperti pengelolaan nutrisi, teknologi penyinaran, pengendalian penyakit, atau analisis ekonomi usaha tani (Ali, 2026; Ferdianti & Sudarti, 2021; Susanto & Rondhi, 2021). Kajian komprehensif yang mengintegrasikan strategi budidaya dan inovasi teknologi dalam satu kerangka peningkatan produktivitas masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks pengembangan buah naga merah di Indonesia (Mondol et al., 2025). Padahal, produktivitas tanaman merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik,

lingkungan, teknologi, dan manajemen budidaya. Keterbatasan sintesis pengetahuan tersebut menyebabkan belum tersedianya rekomendasi yang komprehensif mengenai strategi optimal untuk meningkatkan hasil, kualitas buah, efisiensi produksi, dan keberlanjutan agribisnis buah naga nasional.

Kajian mengenai optimalisasi produktivitas buah naga merah menjadi semakin mendesak mengingat meningkatnya kebutuhan pasar, tuntutan efisiensi penggunaan sumber daya, serta tantangan perubahan iklim yang berpotensi memengaruhi stabilitas produksi hortikultura. Dari perspektif teoretis, kajian ini penting untuk memperkuat pemahaman mengenai hubungan antara faktor budidaya, respons fisiologis tanaman, dan pemanfaatan teknologi modern dalam sistem produksi buah naga. Dari perspektif praktis, hasil kajian dapat menjadi landasan ilmiah bagi petani, penyuluh, peneliti, dan pembuat kebijakan dalam merumuskan strategi pengembangan buah naga yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara kritis berbagai strategi budidaya dan inovasi teknologi yang berpotensi mengoptimalkan produktivitas buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) di Indonesia. Fokus pembahasan diarahkan pada pengelolaan nutrisi, penggunaan media tanam, pengelolaan air, pemilihan varietas, pengendalian hama dan penyakit, serta pemanfaatan teknologi pencahayaan LED sebagai pendekatan terpadu untuk meningkatkan produktivitas, kualitas hasil, dan daya saing agribisnis buah naga nasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan penelitian mengenai optimalisasi produktivitas buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) melalui penerapan strategi budidaya dan teknologi pertanian. Metode ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai perkembangan penelitian, faktor-faktor penentu produktivitas, serta inovasi budidaya yang mendukung peningkatan hasil dan keberlanjutan usaha tani. Proses kajian meliputi identifikasi literatur, seleksi artikel, ekstraksi data, analisis, dan sintesis hasil penelitian. Penelusuran literatur dilakukan pada jurnal nasional dan internasional bereputasi dengan menggunakan kata kunci *Hylocereus polyrhizus*, *dragon fruit cultivation*, *dragon fruit productivity*, *nutrient management*, *LED lighting*, *water management*, *integrated pest management*, dan *sustainable horticulture*. Literatur yang dianalisis merupakan publikasi periode 2018–2026 guna menjamin keterbaruan dan relevansi informasi.

Seleksi artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Artikel yang dipilih harus berupa publikasi ilmiah yang relevan dengan produktivitas buah naga, memuat data empiris atau kajian ilmiah yang kredibel, serta tersedia dalam teks lengkap. Sebaliknya, publikasi

nonilmiah, artikel dengan metodologi yang tidak jelas, dan kajian yang tidak berkaitan langsung dengan produktivitas buah naga dikeluarkan dari analisis. Data dari setiap artikel kemudian diekstraksi dan dikelompokkan ke dalam beberapa tema utama, yaitu pengelolaan nutrisi dan pemupukan, media tanam dan perbanyakan bibit, teknologi pencahayaan LED, pengelolaan air dan lingkungan tumbuh, pemilihan varietas, pengendalian hama dan penyakit, serta aspek agribisnis dan keberlanjutan.

Analisis data dilakukan menggunakan content analysis untuk mengidentifikasi pola, tema, dan hubungan antarvariabel, kemudian dilanjutkan dengan narrative synthesis guna mengintegrasikan hasil penelitian yang beragam. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi faktor dominan yang memengaruhi produktivitas, peluang penerapan teknologi, serta kesenjangan penelitian yang masih memerlukan pengembangan. Hasil kajian diharapkan menjadi dasar ilmiah dalam penyusunan rekomendasi budidaya buah naga merah yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Sintesis Literatur

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan komoditas hortikultura strategis dengan prospek pengembangan tinggi karena memiliki nilai ekonomi yang kompetitif, adaptabilitas yang baik pada kondisi tropis dan lahan marginal, serta potensi sebagai pangan fungsional dengan kandungan bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Sharma et al., 2021; Balaji et al., 2025; Mondol et al., 2025). Dalam perspektif agribisnis modern, komoditas ini juga berkontribusi terhadap diversifikasi usaha tani dan peningkatan pendapatan petani, sekaligus mendukung arah pembangunan pertanian berkelanjutan berbasis komoditas bernilai tambah tinggi.

Sintesis berbagai penelitian menegaskan bahwa produktivitas buah naga merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik, lingkungan, dan manajemen budidaya yang saling terkait. Faktor penentu utama meliputi pengelolaan nutrisi, kualitas media tanam, ketersediaan air, intensitas dan spektrum cahaya, pemilihan varietas, serta efektivitas pengendalian hama dan penyakit (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025; Kakade et al., 2025; Siregar et al., 2021). Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan budidaya yang bersifat parsial atau hanya berfokus pada satu variabel tidak cukup efektif dalam meningkatkan produktivitas secara signifikan, karena tidak mampu mengatasi keterbatasan sistem produksi secara simultan dan terintegrasi.

Perkembangan literatur terbaru juga mengindikasikan pergeseran menuju integrasi teknologi dalam sistem budidaya buah naga. Pemanfaatan pencahayaan LED, pengaturan fotoperiode, sistem irigasi presisi, serta teknologi berbasis IoT terbukti mampu meningkatkan efisiensi fisiologis tanaman, mengoptimalkan pertumbuhan, serta mendukung produksi di luar musim (Malabadi et al.,

2024; Su et al., 2025; Rashid et al., 2021). Oleh karena itu, optimalisasi produktivitas buah naga merah perlu dipahami sebagai hasil sinergi antara manajemen agronomis dan inovasi teknologi yang terintegrasi dalam suatu sistem produksi berkelanjutan yang adaptif, efisien, dan berbasis presisi (Mondol et al., 2025; Belbase & Balaji Bhaskar, 2025).

Faktor Strategis Peningkatan Produktivitas Buah Naga Merah

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa produktivitas buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) ditentukan oleh sejumlah faktor strategis yang saling berinteraksi, meliputi nutrisi, media tanam, cahaya, ketersediaan air, varietas, teknologi budidaya, serta pengendalian hama dan penyakit. Faktor-faktor tersebut berkontribusi secara langsung terhadap proses fisiologis tanaman, mulai dari pertumbuhan vegetatif, pembungaan, pembuahan, hingga kualitas hasil panen. Produktivitas buah naga tidak hanya ditentukan oleh kemampuan tanaman menghasilkan buah, tetapi juga oleh efektivitas pengelolaan seluruh faktor tersebut secara terpadu. Kelemahan pada satu komponen dapat mengurangi efektivitas komponen lainnya sehingga menghambat pencapaian produktivitas optimal (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025).

Tabel 1. Faktor Strategis Peningkatan Produktivitas Buah Naga Merah

Faktor	Peran Strategis dalam Produktivitas
Nutrisi	Menentukan keseimbangan unsur hara yang mengontrol pertumbuhan vegetatif dan generatif (Ali, 2026).
Media tanam	Mengoptimalkan perkembangan akar melalui perbaikan aerasi, ketersediaan hara, dan efisiensi serapan unsur hara yang ditentukan oleh karakteristik fisik-kimia media tanam (Anagha et al., 2025).
Cahaya	Mengatur laju fotosintesis yang menentukan proses induksi pembungaan dan pembentukan buah (Saputra et al., 2020; Ferdianti & Sudarti, 2021).
Air	Menjaga keseimbangan fisiologis tanaman dan stabilitas metabolisme
Varietas	Menentukan potensi genetik hasil serta kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan (Siregar et al., 2021).
Teknologi budidaya	Meningkatkan efisiensi, presisi, dan stabilitas sistem produksi (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025)
Hama dan penyakit	Menjaga stabilitas produksi, kualitas, dan kuantitas hasil dengan menekan risiko penurunan akibat gangguan patogen (Woraathakorn et al., 2021).

Hasil analisis pada Tabel 1 menunjukkan bahwa produktivitas buah naga merah tidak ditentukan oleh faktor tunggal, melainkan oleh struktur faktor yang bersifat hierarkis dan saling bergantung. Pada tingkat dasar, nutrisi dan media tanam berperan sebagai fondasi fisiologis yang menentukan efisiensi serapan serta distribusi unsur hara yang memengaruhi pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Pada tingkat menengah, cahaya dan air berfungsi sebagai pengendali utama kestabilan proses fotosintesis, transpirasi, dan regulasi pertumbuhan. Sementara itu, varietas menentukan batas genetik potensi hasil, dan faktor biotik seperti hama serta penyakit menjadi determinan eksternal yang berkontribusi langsung terhadap penurunan hasil dan kualitas produksi (Siregar et al., 2021; Woraathakorn et al., 2021).

Struktur hubungan tersebut mengindikasikan bahwa produktivitas buah naga merupakan hasil interaksi sistemik antar komponen produksi, bukan akumulasi pengaruh faktor secara independen. Nutrisi, media tanam, cahaya, dan air tidak bekerja secara linear, melainkan saling memengaruhi dalam menentukan efisiensi fisiologis tanaman. Dalam konteks ini, teknologi budidaya muncul sebagai faktor pengungkit (leverage factor) yang berperan dalam mengintegrasikan dan menstabilkan interaksi antar komponen tersebut. Penerapan sistem budidaya terpadu memungkinkan pengelolaan input secara simultan sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi variabilitas produksi (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025). Dengan demikian, teknologi berfungsi tidak hanya sebagai peningkat output, tetapi juga sebagai mekanisme kontrol sistem produksi.

Temuan tersebut sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa produktivitas tanaman hortikultura sangat dipengaruhi oleh konsistensi pengelolaan faktor lingkungan dan input produksi. Balaji et al. (2025) dan Mondol et al. (2025) menegaskan bahwa pendekatan parsial cenderung menghasilkan peningkatan produktivitas yang tidak stabil karena tidak mampu mengatasi interaksi kompleks antar faktor pembatas. Dalam kasus buah naga, ketidaktepatan pengelolaan nutrisi, ketidaksesuaian media tanam, serta tekanan penyakit terbukti menjadi penyebab utama ketidakefisienan produksi di lapangan. Oleh karena itu, hasil kajian ini memperkuat argumentasi bahwa peningkatan produktivitas hanya dapat dicapai melalui pendekatan sistemik yang mengintegrasikan seluruh faktor produksi dalam kerangka budidaya presisi yang adaptif, terkontrol, dan berkelanjutan.

Nutrisi dan Media Tanam sebagai Fondasi Produktivitas

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa nutrisi merupakan faktor fundamental dalam sistem produksi buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) yang secara langsung mengendalikan pertumbuhan vegetatif, pembentukan organ generatif, dan akumulasi biomassa. Ketersediaan unsur hara yang seimbang berperan dalam pembentukan klorofil, efisiensi fotosintesis, serta inisiasi pembungaan dan perkembangan buah. Optimalisasi manajemen nutrisi mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen secara signifikan (Ali, 2026), dan ketidakseimbangan unsur hara berdampak langsung pada penurunan jumlah bunga, peningkatan gugur bunga, serta penurunan kualitas dan ukuran buah (Mondol et al., 2025).

Lebih lanjut, efektivitas nutrisi tidak hanya ditentukan oleh kuantitas pupuk, tetapi juga oleh kemampuan tanaman dalam menyerap dan memanfaatkannya melalui sistem perakaran. Dalam konteks ini, media tanam menjadi faktor kunci karena menentukan aerasi, drainase, retensi air, serta perkembangan akar yang berimplikasi langsung terhadap efisiensi serapan hara. Media tanam dengan karakteristik fisik yang optimal mampu meningkatkan vigor bibit dan mempercepat pertumbuhan awal tanaman (Anagha et al., 2025), struktur fisik lingkungan tumbuh berpengaruh terhadap efisiensi

distribusi nutrisi pada jaringan tanaman (Huang & Jiang, 2019). Hal ini memperkuat bahwa sistem akar merupakan determinan utama dalam menghubungkan ketersediaan nutrisi dengan produktivitas fisiologis tanaman.

Selain itu, integrasi antara nutrisi dan media tanam juga ditentukan oleh konteks agroekologi. Pada wilayah pengembangan baru, keterbatasan kualitas tanah menjadi faktor pembatas utama produktivitas, sehingga pengelolaan media tumbuh menjadi krusial (Kakade et al., 2025), dan integrasi pemupukan organik dan anorganik tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan hara, tetapi juga memperbaiki struktur tanah dan menjaga keberlanjutan kesuburan jangka Panjang (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025). Lebih lanjut, keberhasilan budidaya buah naga sangat ditentukan oleh sinergi antara manajemen nutrisi dan kondisi lingkungan tumbuh yang mendukung (Sharma et al., 2021).

Peningkatan produktivitas buah naga merah tidak dapat dicapai melalui pendekatan pemupukan tunggal yang bersifat seragam, sehingga diperlukan strategi berbasis presisi yang mengintegrasikan manajemen nutrisi, perbaikan media tanam, dan optimalisasi sistem perakaran untuk meningkatkan efisiensi serapan hara. Hal ini relevan dalam smart farming, karena mampu meningkatkan produktivitas jangka panjang sekaligus menjaga kualitas dan kesuburan tanah melalui sistem pengelolaan yang adaptif dan berbasis kebutuhan spesifik lahan (Mondol et al., 2025; Belbase & Balaji Bhaskar, 2025; Kakade et al., 2025).

Teknologi LED sebagai Inovasi Peningkatan Produksi

Teknologi pencahayaan berbasis Light Emitting Diode (LED) berkembang sebagai inovasi strategis dalam peningkatan produktivitas buah naga merah, terutama dalam menjawab keterbatasan intensitas cahaya alami pada kondisi agroekosistem tropis. Teknologi ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber cahaya tambahan, tetapi juga sebagai pengendali faktor lingkungan yang memengaruhi proses fisiologis utama tanaman, seperti fotosintesis dan pembungaan. Dengan kemampuan mengatur spektrum, intensitas, dan durasi penyinaran, LED memberikan peluang untuk mengoptimalkan pertumbuhan vegetatif sekaligus meningkatkan stabilitas produksi sepanjang tahun. Temuan terkait peran teknologi ini dirangkum pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Teknologi LED terhadap Produktivitas Buah Naga

Faktor	Peran Strategis dalam Produktivitas
Fotosintesis	Meningkatkan efisiensi pemanfaatan cahaya
Pembungaan	Mempercepat dan merangsang pembungaan luar musim
Produksi buah	Meningkatkan jumlah dan kontinuitas panen
Efisiensi energi	Menurunkan konsumsi energi dibanding lampu konvensional
Keberlanjutan	Mendukung sistem produksi yang lebih efisien

Tabel 2 menunjukkan bahwa teknologi LED memiliki peran multidimensional dalam sistem produksi buah naga merah, tidak hanya sebagai sumber cahaya tambahan, tetapi juga sebagai

instrumen pengendali proses fisiologis tanaman. LED berkontribusi pada peningkatan efisiensi fotosintesis, percepatan induksi pembungaan, dan stabilisasi kontinuitas produksi melalui pengaturan lingkungan cahaya yang lebih terkontrol. Selain itu, efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan lampu konvensional menegaskan bahwa teknologi ini mendukung optimalisasi input sekaligus peningkatan output dalam sistem budidaya.

Dalam kondisi agroekologi tropis, cahaya menjadi faktor pembatas utama karena fluktuasi intensitas dan durasi penyinaran akibat perubahan musim (Ferdianti & Sudarti, 2021). Ketidakteraturan ini mengganggu laju fotosintesis dan menghambat proses induksi pembungaan, sehingga menyebabkan ketidakstabilan produksi. Respons fisiologis buah naga terhadap cahaya juga bersifat sensitif terhadap perubahan fotoperiode, sehingga inkonsistensi cahaya alami berdampak langsung pada penurunan produktivitas (Rashid et al., 2021). Dalam konteks ini, LED berfungsi sebagai teknologi korektif yang menstabilkan ketersediaan cahaya melalui pengaturan intensitas, spektrum, dan durasi penyinaran secara presisi, sehingga proses fisiologis tanaman dapat berlangsung lebih konsisten.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pencahayaan LED efektif meningkatkan performa tanaman hortikultura, termasuk buah naga. Teknologi ini meningkatkan aktivitas fotosintesis melalui spektrum cahaya merah dan biru yang mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis, akumulasi biomassa, serta pembungaan dan perkembangan organ generatif (Saputra et al., 2020; Gao et al., 2022; Wang et al., 2024; Su et al., 2025). Manipulasi fotoperiode dengan teknik *night-breaking* juga terbukti meningkatkan produksi pada musim di luar panen dan memperkuat stabilitas pendapatan petani (Rashid et al., 2021; Firdaus et al., 2019; Susanto & Rondhi, 2021). Namun, penerapan LED masih terkendala pengaturan spektrum, intensitas, durasi penyinaran, serta tingginya biaya investasi, sehingga diperlukan model penerapan yang lebih presisi, adaptif, dan layak secara ekonomi.

Pengelolaan Air, Varietas, dan Hama Penyakit dalam Menjaga Stabilitas Produksi

Produktivitas buah naga merah tidak hanya ditentukan oleh potensi hasil, tetapi juga oleh stabilitas produksi yang dipengaruhi oleh interaksi faktor lingkungan, genetik, dan biotik. Dalam konteks ini, pengelolaan air, pemilihan varietas, serta pengendalian hama dan penyakit merupakan tiga komponen strategis yang secara langsung menentukan konsistensi hasil. Air berperan dalam proses fisiologis utama seperti transportasi unsur hara, regulasi tekanan turgor, dan fotosintesis, sehingga ketidakseimbangan ketersediaannya dapat mengganggu pertumbuhan dan pembentukan buah. Hasil penelitian menunjukkan defisit air menurunkan pertumbuhan dan produktivitas (Mondol et al., 2025), kelebihan air meningkatkan risiko penyakit akar dan menurunkan efisiensi serapan hara (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025). Dalam perspektif ini, pengelolaan air tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga menjadi bagian dari strategi adaptasi terhadap variabilitas iklim.

Lebih lanjut, efektivitas respons tanaman terhadap kondisi lingkungan sangat ditentukan oleh faktor genetik. Siregar et al. (2021) mengidentifikasi adanya keragaman karakter agronomi pada berbagai aksesori buah naga di Indonesia yang menunjukkan potensi pengembangan varietas unggul. Selain itu, keberhasilan budidaya sangat bergantung pada kesesuaian varietas dengan kondisi agroekologi lokal (Kakade et al., 2025; Balaji et al., 2025). Dengan demikian, varietas tidak hanya berfungsi sebagai penentu potensi hasil, tetapi juga sebagai faktor adaptif yang memediasi ketahanan tanaman terhadap tekanan lingkungan, termasuk ketersediaan air dan serangan patogen.

Stabilitas produksi buah naga sangat dipengaruhi oleh kesehatan tanaman dan tekanan organisme pengganggu. Penyakit *stem brown spot* yang disebabkan oleh *Neoscytalidium dimidiatum* menjadi salah satu faktor utama penurunan hasil karena merusak batang dan menurunkan vigor tanaman (Woraathakorn et al., 2021). Pengendalian yang efektif memerlukan pendekatan terpadu melalui pemanfaatan agen hayati, sanitasi kebun, dan penerapan praktik budidaya yang baik (Belbase & Balaji Bhaskar, 2025; Mondol et al., 2025). Secara keseluruhan, produktivitas optimal hanya dapat dicapai melalui integrasi pengelolaan air, pemilihan varietas unggul, dan pengendalian hama-penyakit yang adaptif, sehingga mendukung keberlanjutan sistem produksi dan meningkatkan daya saing buah naga.

Model Integratif Optimalisasi Produktivitas Buah Naga Merah

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa produktivitas buah naga merah yang tinggi dan berkelanjutan hanya dapat dicapai melalui integrasi faktor genetik, lingkungan, dan teknologi dalam satu sistem budidaya terpadu. Varietas unggul menjadi fondasi potensi hasil, didukung nutrisi dan media tanam untuk efisiensi pertumbuhan, pengelolaan air untuk stabilitas fisiologis, teknologi LED untuk optimasi fotosintesis dan pembungaan, serta pengendalian hama dan penyakit untuk menekan kehilangan hasil. Pendekatan ini menegaskan bahwa produktivitas merupakan output sistemik yang bersifat sinergis, bukan faktor tunggal.

Tabel 3. Model Integratif Optimalisasi Produktivitas Buah Naga Merah

Komponen Strategis	Kontribusi terhadap Produktivitas
Varietas unggul adaptif	Meningkatkan hasil dan ketahanan lingkungan
Nutrisi dan media tanam optimal	Mendukung pertumbuhan dan pembentukan buah
Pengelolaan air efisien	Menjaga keseimbangan fisiologis tanaman
Teknologi LED	Meningkatkan fotosintesis dan pembungaan luar musim
Pengendalian hama dan penyakit terpadu	Menekan kehilangan hasil
Manajemen agribisnis	Meningkatkan efisiensi dan keuntungan usaha

Tabel 3 menegaskan bahwa produktivitas buah naga merah merupakan hasil kerja sistemik dari keterpaduan berbagai komponen strategis, bukan akibat dari satu faktor tunggal. Varietas unggul adaptif menjadi penentu awal kapasitas genetik dan ketahanan lingkungan, yang kemudian ditopang oleh optimalisasi nutrisi dan media tanam dalam mendukung pertumbuhan serta pembentukan buah.

Efisiensi pengelolaan air menjaga kestabilan fisiologis tanaman, sementara teknologi LED berperan sebagai pengendali lingkungan mikro yang mengatasi keterbatasan cahaya dan merangsang pembungaan di luar musim. Di sisi lain, pengendalian hama dan penyakit terpadu berfungsi sebagai mekanisme protektif untuk meminimalkan kehilangan hasil, sedangkan manajemen agribisnis memastikan efisiensi ekonomi dan keberlanjutan usaha. Hal ini mengindikasikan adanya kelemahan pendekatan parsial yang selama ini dominan dalam literatur, karena tidak mampu menangkap interaksi antarkomponen secara simultan.

Sistem produksi buah naga bersifat interdependen, sehingga gangguan pada satu komponen dapat memengaruhi kinerja keseluruhan sistem (Mondol et al., 2025). Peningkatan produktivitas perlu dipahami sebagai optimasi sistem secara menyeluruh, bukan sekadar intensifikasi input. Pendekatan budidaya terpadu berbasis teknologi presisi yang mencakup LED, manajemen nutrisi berbasis kebutuhan tanaman, pengaturan air adaptif, serta pengendalian organisme pengganggu tanaman secara terpadu menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi sekaligus stabilitas produksi. Hal ini tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil, tetapi juga pada pengurangan risiko produksi serta penguatan ketahanan sistem terhadap perubahan iklim dan tekanan lingkungan.

Integrasi agronomis berimplikasi langsung terhadap kinerja agribisnis buah naga. Peningkatan produktivitas meningkatkan efisiensi usaha dan keuntungan petani (Sintia et al., 2018; Setiawan & Januar, 2021), sementara inovasi agribisnis dan diversifikasi produk memperluas akses pasar, meningkatkan nilai tambah komoditas, serta memperkuat kesejahteraan dan ketahanan ekonomi rumah tangga petani (Paundrianagari et al., 2019; Habibi, 2023; Situmorang et al., 2025). Pendekatan integratif juga menjadi fondasi peningkatan daya saing buah naga di tingkat nasional. Oleh karena itu, pengembangan sistem budidaya terpadu yang efisien, adaptif, dan berkelanjutan perlu mengintegrasikan inovasi teknologi, efisiensi sumber daya, dan manajemen risiko biologis secara simultan. Pendekatan ini meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim dan dinamika pasar hortikultura global sekaligus memperkuat keberlanjutan serta daya saing komoditas buah naga Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas buah naga merah masih didominasi oleh pendekatan parsial yang memisahkan faktor-faktor produksi seperti nutrisi, media tanam, pengelolaan air, cahaya, varietas, serta pengendalian hama dan penyakit. Meskipun masing-masing faktor tersebut terbukti berperan penting dalam mendukung pertumbuhan, fisiologi tanaman, dan hasil panen, kajiannya belum banyak dilakukan dalam satu kerangka sistem yang terintegrasi, sehingga pemahaman mengenai dinamika produktivitas masih bersifat terfragmentasi. Kesenjangan utama yang teridentifikasi terletak pada belum tersedianya model yang mampu menjelaskan interaksi antar

komponen produksi secara simultan sepanjang siklus pertumbuhan tanaman, sehingga integrasi antara aspek genetik, lingkungan, teknologi, dan manajemen dalam konteks budidaya presisi masih terbatas.

Oleh karena itu, peningkatan produktivitas buah naga merah tidak dapat lagi bergantung pada intervensi tunggal, melainkan membutuhkan pendekatan sistemik yang mengintegrasikan seluruh komponen produksi secara terpadu. Dengan demikian, arah penelitian ke depan perlu difokuskan pada pengembangan model budidaya berbasis integrasi sistem yang mampu menghubungkan faktor fisiologis, lingkungan, teknologi, dan manajemen secara simultan, sehingga menghasilkan sistem produksi yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan dalam menghadapi kompleksitas agroekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Q. M. (2026). Enhancing growth and yield of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) through optimized nutrient management approach. *Pure and Applied Biology*, 15(1). <https://doi.org/10.19045/bspab.2026.150017>
- Anagha, P. K., Prakasha, D. P., Anand, N., Vijay, M., Ryavalad, S., & Sree, M. R. (2025). Enhancing dragon fruit (*Hylocereus undatus*) propagation efficiency through growing media. *International Journal of Economic Plants*, 12(1), 1–5. <https://doi.org/10.23910/2/2025.5904a>
- Balaji, M., Das, U., & Vashishth, R. (2025). Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) as a potential crop for nutraceutical properties, livelihood enhancement and climate change mitigation. *Cogent Food & Agriculture*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2544956>
- Belbase, P., & Balaji Bhaskar, M. S. (2025). Sustainable cultivation of dragon fruit: Integrated nutrient and pest management strategies for enhanced productivity and environmental stewardship. *Agronomy*, 15(11), 2514. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112514>
- Chrisanto, E. Y., Rachmawati, M., & Yulendasari, R. (2020). Penyuluhan manfaat buah naga merah dalam menurunkan kadar gula darah pada penderita diabetes melitus. *Indonesia Berdaya*, 1(2), 89–94. <https://doi.org/10.47679/ib.202041>
- Ferdianti, C. I., & Sudarti, S. (2021). Efektifitas penyinaran untuk peningkatan produksi buah naga. *Agrifarm: Jurnal Ilmu Pertanian*, 10(2), 81–85. <https://doi.org/10.24903/ajip.v10i2.1075>
- Firdaus, H., Indriani, & Slamet. (2019). Sukses berkebun buah naga dengan teknik penyinaran listrik di Kabupaten Banyuwangi. *SENIATI*, 1(1), 363–369. <https://doi.org/10.36040/seniati.v5i1.464>
- Gao, Q., Liao, Q., Li, Q., Yang, Q., Wang, F., & Li, J. (2022). Effects of LED red and blue light component on growth and photosynthetic characteristics of coriander in plant factory. *Horticulturae*, 8(12), 1165. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121165>
- Gülmez, B. (2026). Dragon fruit drying method selection: A hybrid SWARA-EDAS-CoCoSo-MOORA MCDM approach. *Drying Technology*, 44(7), 977–997. <https://doi.org/10.1080/07373937.2026.2650108>
- Habibi, D. N. (2023). Tani duit semakin terhimpit: Modifikasi buah naga sebagai upaya hidup sejahtera. *Endogami: Jurnal Ilmiah Kajian Antropologi*, 6(2), 84–97. <https://doi.org/10.14710/endogami.6.2.84-97>

- Harithpriya, K., & Jeyachandran, R. (2019). In-vitro immunomodulatory activity of dragon fruit extract. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 10(3), 99–106. <https://doi.org/10.22376/ijpbs.2019.10.3.b99-106>
- Huang, H., & Jiang, Y. (2019). Chemical composition of the cuticle membrane of pitaya fruits (*Hylocereus polyrhizus*). *Agriculture*, 9(12), 250. <https://doi.org/10.3390/agriculture9120250>
- Kakade, V. D., Morade, A. S., Salunkhe, V. N., et al. (2025). Dragon fruit cultivation in new areas: Challenges, management strategies, and insights from India. *Discover Agriculture*, 3, Article 168. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00243-2>
- Loconsole, D., Cocetta, G., Santoro, P., & Ferrante, A. (2019). Optimization of LED lighting and quality evaluation of romaine lettuce grown in an innovative indoor cultivation system. *Sustainability*, 11(3), 841. <https://doi.org/10.3390/su11030841>
- Malabadi, R. B., Nethravathi, T. L., Kolkar, K. P., Saini, I., Sharada, B. V., Chalannavar, R. K., Castaño Coronado, K. V., & Chinnasamy, B. (2024). Role of LED (light emitting diode) light illumination on the growth of plants in greenhouse farming-hydroponics: IoT technology. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(2), 212–245. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.2.3273>
- Mondol, M. S. A., Akbar, U., Mandal, O., Rani, A., Dar, A. H., Chatterjee, A., & Abdi, G. (2025). Advances in agronomic practices, postharvest technologies, and medicinal potential of dragon fruit (*Hylocereus* spp.): A comprehensive updated review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 22, Article 102157. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102157>
- Pansai, N., Chakree Yupanqui, T., Raungrut, P., Yanyiam, N., & Wichienchot, S. (2020). Gut microbiota modulation and immune boosting properties of prebiotic dragon fruit oligosaccharides. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 55–64. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14230>
- Paundrianagari, S. A., Saetyowati, N., & Qanita, R. A. (2019). Strategi pengembangan agribisnis buah naga organik di Kabupaten Wonogiri. *Jurnal SEA*, 8(2), 55–66. <https://doi.org/10.26418/j.sea.v8i2.34790>
- Rashid, A. S. M. H., Azam, M. G., & Chowdhury, S. M. K. H. (2021). Influence of day-length enhancement through night-breaking by artificial lighting on off-season dragon fruit production. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 17(2), 1–10. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2021/v17i230190>
- Saha, G., Chandni, S., Singh, P., Mukhim, C., Pramila, & Chanu, N. B. (2024). Dragon fruit cultivation. *Vigyan Varta*, 5(4), 237–241.
- Sangkuanun, T., Wichienchot, S., Kato, Y., Watanabe, H., & Peerakietkhajorn, S. (2020). Oligosaccharides derived from dragon fruit modulate gut microbiota, reduce oxidative stress and stimulate Toll-pathway related gene expression in freshwater crustacean *Daphnia magna*. *Fish & Shellfish Immunology*, 103, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.04.046>
- Saputra, A. D., Gunadi, I. G. A., & Wiraatmaja, I. W. (2020). Efek penggunaan beberapa sinar LED pada tanaman buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 10(2), 201–210. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2020.v10.i02.p09>
- Setiawan, A., & Januar, J. (2021). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan petani dalam melakukan alih usahatani padi ke usahatani buah naga (studi kasus di Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian (J-SEP)*, 14(1), 79–95. <https://doi.org/10.19184/jsep.v14i1.21489>

- Sharma, S. C., Mittal, R., Sharma, A., & Verma, V. (2021). Dragon fruit: A promising crop with a growing food market that can provide profitable returns to farmers. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 11(2), 1–14.
- Sintia, N. L., Prayuginingsih, H., & Wijayanti, F. N. (2018). Analisis produktivitas keuntungan usaha tani buah naga berdasarkan skala usaha di Kecamatan Tegalsari Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Agribest*, 2(1), 32–38. <https://doi.org/10.32528/agribest.v2i1.1372>
- Siregar, L. A. M., Angkat, N., & Damanik, R. I. (2021). Characterization and evaluation of the variability of dragon fruit accessions in Dairi District, North Sumatra Province, Indonesia. *Nusantara Bioscience*, 13(1). <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n130118>
- Situmorang, J. M., Yusup, S., & Sintha, T. Y. E. (2025). Strategi Pengembangan Usahatani Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrrhizus*) Di Kelurahan Kalampangan Kecamatan Sabangau Kota Palangkaraya. *J-SEA (Journal Socio Economic Agricultural)*, 19(2), 159–166. <https://doi.org/10.52850/jsea.v19i2.19140>
- Su, Q., Park, Y. G., Kambale, R. D., Adelberg, J., Karthikeyan, R., & Jeong, B. R. (2025). Advancing light-mediated technology in plant growth and development: The role of blue light. *Horticulturae*, 11(7), Article 795. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11070795>
- Susanto, I. D., & Rondhi, M. (2021). Efek inovasi penyiangan lampu pada usahatani buah naga di Desa Bulurejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Kirana*, 1(2), 93–103. <https://doi.org/10.19184/jkrm.v1i2.21186>
- Wang, T., Sun, Q., Zheng, Y., Xu, Y., Liu, B., & Li, Q. (2024). Effects of red and blue light on the growth, photosynthesis, and subsequent growth under fluctuating light of cucumber seedlings. *Plants*, 13(12), Article 1668. <https://doi.org/10.3390/plants13121668>
- Woraathakorn, N., Rongsawat, T., Jiwanit, P., Nualsri, C., Nakkanong, K., & Ratanaprom, S. (2021). Overcoming stem brown spot disease in dragon fruit (*Hylocereus undatus*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* using *Bacillus subtilis* combined with sodium bicarbonate. *The Plant Pathology Journal*, 37(3), 205–214. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.01.2021.0007>
- Zhang, G., Ding, X., Wen, Z., Liu, C., Nguyen, D. T. P., Song, J., Zhang, Z., Yan, Z., Wang, Y., & Yan, Z. (2026). Light regulation across strawberry growth stages: A comprehensive review. *Phyton: International Journal of Experimental Botany*, 95(2). <https://doi.org/10.32604/phyton.2026.077381>