



Pengembangan Budidaya Cabai Hidroponik Berbasis *Greenhouse* untuk Mendukung Produksi Berkelanjutan

Rabbani Gadhah Kun Atha¹, Putri Salwa Zanjambila², Tiara Levana³, Ahmad Fauzi Inu Kertopati⁴, Nisrina Hamidah⁵, Iva Iryana Kaban⁶, Frida Mutia Sari⁷, Nasywa Nurayudya Irawan⁸, Muhammad Farrel Raya Syamsuddin⁹, Agief Julio Pratama¹⁰, M. Iqbal Nurulhaq¹¹, Ririh Sekar Mardisiwi¹², Ratih Kemala Dewi¹³, Restu Puji Mumpuni¹⁴, Edi Wiraguna^{15*}

¹⁻¹⁴Teknologi Produksi dan Pengembangan Masyarakat Pertanian, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

¹⁵Fakultas Pertanian, Universitas Bojonegoro, Indonesia

Email: rabbani03ipbatha@apps.ipb.ac.id¹, ediwiraguna@apps.ipb.ac.id¹⁵

*Penulis Korespondensi: ediwiraguna@apps.ipb.ac.id

Abstract. *Chili pepper (Capsicum annuum L.) is recognized as one of the horticultural commodities with significant economic value and an important contribution to food security in Indonesia. However, conventional cultivation practices still face various challenges, including limited land availability, climate uncertainty, and disturbances from plant pests and diseases. These conditions highlight the need for the implementation of innovative technologies to improve production efficiency while maintaining yield stability. One approach that has been increasingly developed is the hydroponic system, a cultivation technique that does not rely on soil as a growing medium but instead utilizes nutrient solutions as the primary source of essential elements. This article aims to examine various aspects of hydroponic chili cultivation, including the roles and benefits of the plant, different types of hydroponic systems, abiotic and biotic stress factors, and cultivation management strategies. Based on the review conducted, hydroponic systems, when supported by optimal nutrient management and environmental conditions, are capable of enhancing both the yield and quality of chili plants. Therefore, the development of hydroponic-based chili cultivation is considered to have promising prospects as a solution to support sustainable agriculture in the future.*

Keywords: *Chili Pepper; Hydroponic Systems; Nutrient Solution; Plant Productivity; Sustainable Agriculture.*

Abstrak. Tanaman cabai (*Capsicum annuum L.*) merupakan komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi serta berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan di Indonesia. Meskipun demikian, praktik budidaya secara konvensional masih dihadapkan pada berbagai tantangan, antara lain keterbatasan lahan, ketidakpastian kondisi iklim, serta gangguan dari organisme pengganggu tanaman. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penerapan teknologi inovatif guna meningkatkan efisiensi produksi sekaligus menjaga kestabilan hasil panen. Salah satu pendekatan yang mulai banyak dikembangkan yaitu merupakan sistem hidroponik, yaitu teknik budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah yang memanfaatkan larutan nutrisi sebagai sumber utama unsur hara. Artikel ini bertujuan untuk menelaah berbagai aspek terkait budidaya cabai secara hidroponik, meliputi peran dan manfaat tanaman, ragam sistem hidroponik yang dapat digunakan, faktor stres baik abiotik maupun biotik, serta strategi pengelolaan budidaya. Berdasarkan kajian yang dilakukan, sistem hidroponik yang diterapkan dengan pengelolaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang optimal mampu meningkatkan hasil produksi serta mutu tanaman cabai. Oleh karena itu, pengembangan budidaya cabai berbasis hidroponik dinilai memiliki prospek yang menjanjikan sebagai salah satu solusi dalam mendukung pertanian berkelanjutan di masa mendatang.

Kata Kunci : Cabai; Larutan Nutrisi; Pertanian Berkelanjutan; Produktivitas Tanaman; Sistem Hidroponik.

1. LATAR BELAKANG

Komoditas cabai memiliki posisi yang cukup penting dalam sektor hortikultura di Indonesia, baik dari sisi ekonomi maupun pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Tanaman ini tidak hanya menjadi bahan utama dalam berbagai masakan, tetapi juga berpengaruh terhadap dinamika harga pangan nasional. Perubahan harga cabai yang cukup fluktuatif sering kali berkontribusi terhadap laju inflasi, sehingga keberadaannya memiliki nilai

strategis dalam perekonomian (Tarigan et al. 2021). Dengan demikian, upaya pengembangan sistem budidaya cabai yang berkelanjutan menjadi sangat diperlukan guna menjaga ketersediaan produksi sekaligus meningkatkan pendapatan petani.

Di sisi lain, praktik budidaya cabai konvensional masih menghadapi berbagai hambatan. Penyusutan lahan pertanian akibat konversi menjadi kawasan non-pertanian, seperti permukiman dan industri, menyebabkan keterbatasan ruang produksi (Hafid et al. 2025). Selain faktor tersebut, kondisi iklim yang semakin tidak stabil, termasuk perubahan pola curah hujan dan suhu, serta meningkatnya tekanan dari organisme pengganggu tanaman (OPT), turut memperbesar risiko penurunan hasil. Permasalahan ini menunjukkan bahwa sistem budidaya yang adaptif dan inovatif sangat dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan produksi.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah konsep pertanian berkelanjutan, yang berfokus pada optimalisasi pemanfaatan sumber daya alam secara efisien serta penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan. Pendekatan ini juga menekankan pentingnya mengurangi ketergantungan terhadap input eksternal guna menjaga keseimbangan ekosistem pertanian (Altieri. 2018). Dalam penerapannya, teknologi hidroponik menjadi alternatif yang cukup menjanjikan, terutama dalam mengatasi keterbatasan lahan dan meningkatkan efisiensi produksi.

Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media tanam, melainkan mengandalkan larutan nutrisi sebagai sumber unsur hara. Sistem ini umumnya dipadukan dengan penggunaan greenhouse untuk menciptakan kondisi lingkungan yang lebih terkontrol, seperti pengaturan suhu, kelembapan, serta intensitas cahaya, sekaligus melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit (Hafid et al. 2025). Melalui pengendalian lingkungan yang optimal, budidaya cabai secara hidroponik diharapkan mampu menghasilkan produksi yang lebih stabil sepanjang tahun dan tidak terlalu bergantung pada kondisi iklim alami.

Penulisan *review* ini memiliki tujuan untuk mengkaji budidaya tanaman cabai (*Capsicum annuum L.*) secara hidroponik, meliputi fungsi dan manfaat tanaman, berbagai sistem hidroponik yang digunakan, serta faktor stres abiotik dan biotik yang memengaruhi pertumbuhan. Dan, *review* ini memiliki tujuan untuk menganalisis strategi budidaya yang dapat diterapkan guna meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai secara optimal.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penyusunan kajian dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu penentuan topik dan ruang lingkup pembahasan, pengumpulan sumber pustaka, seleksi literatur, analisis isi, serta sintesis informasi. Literatur yang digunakan berasal dari artikel jurnal, prosiding, buku ilmiah, dan sumber institusional yang relevan dengan topik hidroponik, budidaya cabai, *greenhouse*, nutrisi tanaman, pengendalian hama dan penyakit, serta bioteknologi pertanian. Sumber pustaka dipilih berdasarkan keterkaitan substansi dengan fokus kajian, keterbaruan informasi, dan kontribusinya terhadap pengembangan budidaya cabai hidroponik.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan cara mengidentifikasi, membandingkan, dan merangkum hasil-hasil penelitian terdahulu. Informasi yang diperoleh kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa tema utama, yaitu manfaat tanaman cabai, sistem hidroponik yang sesuai untuk cabai, tekanan lingkungan abiotik dan biotik, strategi pengelolaan budidaya, serta pemanfaatan bioteknologi seperti kultur jaringan dan penggunaan mikroorganisme menguntungkan. Setiap tema dianalisis untuk memperoleh pemahaman mengenai peluang, kendala, dan strategi optimal dalam pengembangan budidaya cabai hidroponik.

Hasil kajian disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi budidaya cabai hidroponik berbasis *greenhouse* sebagai alternatif sistem produksi hortikultura yang efisien, adaptif terhadap keterbatasan lahan dan perubahan iklim, serta mendukung prinsip pertanian berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fungsi dan Manfaat Tanaman Cabai

Cabai (*Capsicum annuum* L.) termasuk salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peran penting di Indonesia dengan berbagai fungsi dan manfaat, termasuk ekonomi, nutrisi, dan aplikasi di sektor kuliner dan industri. Dari perspektif ekonomi, cabai dianggap sebagai komoditas bernilai tinggi dan memainkan peran strategis dalam pertanian karena permintaan pasar yang terus meningkat dan kontribusinya terhadap pendapatan petani. Cabai juga termasuk dalam bagian dari tanaman sayuran utama yang banyak dibudidayakan dan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, sehingga memiliki nilai ekonomi yang signifikan dalam sistem agribisnis hortikultura (Aprilia *et al.* 2024).

Selain nilai ekonominya, cabai mengandung nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Buah cabai diketahui mengandung vitamin C, vitamin A, dan senyawa bioaktif seperti kapsaisin, yang berfungsi sebagai antioksidan. Kapsaisin tidak hanya berkontribusi

pada rasa pedas tetapi juga memberikan manfaat biologis, termasuk sifat anti-inflamasi, dan bahkan dapat digunakan sebagai pestisida nabati karena dapat mengganggu sistem pencernaan dan saraf hama (Khoerunisa et al. 2024). Ini menunjukkan bahwa cabai memiliki nilai fungsional tidak hanya untuk konsumsi makanan tetapi juga dalam perlindungan tanaman.

Dalam bidang kuliner, cabai (*Capsicum annuum* L.) adalah bahan yang sangat penting dan hampir tidak terpisahkan dari pola makan masyarakat Indonesia. Cabai digunakan sebagai bumbu utama untuk memberikan rasa pedas yang khas serta untuk meningkatkan warna dan rasa makanan. Penggunaan cabai sebagai bahan tambahan makanan telah menjadi bagian dari budaya kuliner, menjadikannya penting dalam berbagai hidangan tradisional dan modern (Fahrudin dan Slameto. 2024).

Selain itu, cabai juga memainkan peran penting dalam sektor industri, terutama dalam industri makanan dan pertanian. Dalam industri makanan, cabai digunakan sebagai bahan baku untuk produk olahan seperti saus, sambal, dan bumbu instan. Selain itu, kandungan kapsaisin dalam cabai dimanfaatkan dalam industri farmasi sebagai bahan aktif dalam produk pereda nyeri, serta dalam pertanian sebagai pestisida nabati ramah lingkungan (Khoerunisa et al. 2024). Dengan perkembangan industri pengolahan, cabai tidak hanya memiliki nilai pasar sebagai produk segar tetapi juga sebagai salah satu dari bahan baku industri, yang mana dapat memberikan nilai tambah untuk ekonomi.

Berdasarkan berbagai fungsi ini, cabai (*Capsicum annuum* L.) dapat dikategorikan sebagai komoditas multifungsi yang memainkan peran penting dalam mendukung perekonomian, memenuhi kebutuhan nutrisi masyarakat, dan mempromosikan pengembangan industri berbasis pertanian di Indonesia.

Sistem-sistem Hidroponik untuk Cabai

Budidaya hidroponik cabai (*Capsicum annuum* L.) telah berkembang pesat sebagai salah satu sistem pertanian modern yang efisien dalam pemanfaatan lahan dan air, serta mampu meningkatkan produktivitas melalui kontrol lingkungan yang lebih baik. Berbagai sistem hidroponik dapat diterapkan pada tanaman cabai, seperti *Nutrient Film Technique (NFT)*, *Deep Flow Technique (DFT)*, *wick system*, dan sistem substrat, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda dalam hal aliran nutrisi, media tanam, serta tingkat efisiensi yang pada akhirnya memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Sistem *Nutrient Film Technique (NFT)* merupakan metode yang mengandalkan aliran larutan nutrisi tipis yang bersirkulasi secara kontinu di sekitar akar tanaman, sehingga akar tidak sepenuhnya terendam dan tetap mendapatkan suplai oksigen yang cukup untuk respirasi. Sistem ini dikenal memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan air dan nutrisi serta mampu mendukung pertumbuhan optimal dalam

kondisi terkontrol, meskipun memerlukan pengelolaan ketat terhadap pH, EC, dan aliran nutrisi karena ketergantungannya pada sirkulasi (Harsela, 2022; Syabarina et al., 2026).

Sementara itu, sistem *Deep Flow Technique* (DFT) menggunakan larutan nutrisi dengan kedalaman sekitar 4–6 cm, sehingga sebagian akar terendam dan memperoleh cadangan air serta nutrisi yang lebih stabil. Sistem ini lebih toleran terhadap fluktuasi lingkungan dan gangguan teknis seperti pemadaman listrik dibandingkan NFT, sehingga lebih aman untuk skala semi-komersial. Namun demikian, desain sistem tetap perlu dioptimalkan karena variasi konstruksi dapat memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (Yuniarti et al., 2023; Syabarina et al., 2026). Di sisi lain, *wick system* merupakan sistem hidroponik pasif yang menggunakan sumbu untuk mengalirkan nutrisi dari *reservoir* ke akar melalui mekanisme kapiler. Sistem ini relatif sederhana, murah, dan tidak memerlukan pompa sehingga cocok untuk skala rumah tangga atau pemula, meskipun memiliki keterbatasan dalam distribusi dan kapasitas suplai nutrisi, terutama untuk tanaman cabai yang memiliki kebutuhan hara tinggi pada fase generatif (Cahyanti et al., 2025; Mamangkey et al., 2023).

Selain itu, sistem hidroponik berbasis substrat menggunakan media padat seperti arang sekam, cocopeat, pasir, atau *rockwool* sebagai penyangga akar, dengan pemberian nutrisi melalui irigasi tetes. Media tanam dalam sistem ini berfungsi menyimpan air dan nutrisi sekaligus menyediakan aerasi yang baik bagi akar, sehingga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Sistem substrat banyak diterapkan dalam budidaya cabai komersial karena mampu mendukung tanaman yang lebih besar dan berumur panjang, serta memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan nutrisi melalui sistem fertigasi yang lebih presisi. Dengan demikian, pemilihan sistem hidroponik yang tepat harus mempertimbangkan kebutuhan tanaman, skala produksi, serta kemampuan pengelolaan untuk mencapai produktivitas yang optimal.

Stres Abiotik & Biotik pada Cabai Hidroponik

Budidaya hidroponik cabai (*Capsicum annuum* L.) dikenal memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan air dan nutrisi, namun pada saat yang sama juga membuat tanaman lebih rentan terhadap berbagai tekanan lingkungan yang dapat memengaruhi pertumbuhan, proses fisiologis, dan hasil panen. Tekanan tersebut umumnya dibagi menjadi stres abiotik dan biotik, yang dalam sistem hidroponik memiliki dampak lebih signifikan karena tanaman sepenuhnya bergantung pada kondisi lingkungan yang terkontrol. Stres abiotik terutama disebabkan oleh ketidakseimbangan nutrisi, fluktuasi suhu, intensitas cahaya, serta pH larutan nutrisi. Ketersediaan nutrisi menjadi faktor paling krusial, karena konsentrasi yang tidak tepat dapat menyebabkan defisiensi atau toksisitas; kekurangan nutrisi memicu klorosis dan penurunan

pertumbuhan, sedangkan kelebihan nutrisi menyebabkan stres osmotik dan gangguan fungsi akar. Hal ini terbukti bahwa variasi konsentrasi larutan AB Mix secara signifikan memengaruhi pertumbuhan dan hasil cabai, sehingga ketidakseimbangan nutrisi dapat memicu kondisi stres pada tanaman (Purba dan Padhilah, 2021). Selain itu, suhu larutan nutrisi berperan penting terutama di zona akar, di mana suhu tinggi dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan menghambat respirasi akar serta penyerapan nutrisi, yang pada akhirnya menurunkan produktivitas tanaman (Hidayat et al., 2022). Distribusi suhu yang tidak merata juga dapat mengganggu proses fisiologis tanaman dan menciptakan kondisi pertumbuhan yang kurang optimal (Amaliah et al., 2019). Intensitas cahaya turut memengaruhi fotosintesis, di mana cahaya rendah menurunkan aktivitas fotosintesis, sedangkan cahaya berlebih dapat menyebabkan fotoinhibisi dan kerusakan jaringan. Selain itu, pH larutan nutrisi menentukan ketersediaan unsur hara, sehingga pH yang tidak sesuai dapat menghambat penyerapan nutrisi atau menyebabkan toksisitas, sehingga pengelolaan pH yang optimal menjadi sangat penting untuk menjaga keseimbangan fisiologis tanaman.

Di sisi lain, stres biotik dalam budidaya hidroponik cabai disebabkan oleh patogen dan hama seperti jamur, virus, dan serangga yang dapat berkembang dan menyebar dengan cepat melalui sistem larutan nutrisi yang bersirkulasi. Patogen jamur seperti *Fusarium oxysporum* dan *Phytophthora capsici* merupakan penyebab utama penyakit akar dan layu vaskular yang dapat menyebabkan kerusakan serius hingga kematian tanaman, terutama dalam kondisi lingkungan yang lembap. Selain itu, infeksi virus seperti *Tobacco Mosaic Virus* (TMV) dan *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) juga menjadi ancaman besar karena dapat menyebabkan gejala mosaik, deformasi daun, dan penurunan hasil panen. Virus ini umumnya ditularkan melalui vektor serangga atau kontak mekanis, sehingga sulit dikendalikan dalam sistem budidaya intensif. Hama serangga seperti kutu daun dan thrips juga sering menyerang tanaman cabai dengan cara menghisap cairan sel, menyebabkan daun menggulung, pertumbuhan terhambat, serta kerusakan jaringan, dan pada saat yang sama berperan sebagai vektor penyebar virus tanaman. Serangan hama dan penyakit ini dilaporkan sebagai salah satu kendala utama yang secara signifikan menurunkan produktivitas cabai (Satria et al., 2023).

Interaksi antara stres abiotik dan biotik sangat erat, di mana tanaman yang mengalami stres abiotik seperti ketidakseimbangan nutrisi atau suhu ekstrem cenderung memiliki sistem pertahanan yang melemah, sehingga lebih rentan terhadap serangan patogen dan hama. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan yang tepat, manajemen nutrisi yang seimbang, serta penerapan sanitasi yang baik menjadi kunci utama dalam meminimalkan stres dan memastikan pertumbuhan serta produktivitas tanaman cabai hidroponik tetap optimal.

Strategi Budidaya Cabai Hidroponik

Mengingat kompleksitas tantangan dalam budidaya cabai hidroponik, baik yang berasal dari stres abiotik maupun biotik, diperlukan strategi pengelolaan yang terintegrasi dan terencana secara menyeluruh. Pendekatan budidaya dapat dilakukan melalui kombinasi strategi konvensional dan berbasis bioteknologi yang saling melengkapi untuk meningkatkan keberhasilan produksi. Dalam pendekatan konvensional, seleksi varietas unggul menjadi langkah fundamental karena varietas yang digunakan harus mampu beradaptasi dengan kondisi spesifik sistem hidroponik, termasuk toleransi terhadap fluktuasi pH dan EC larutan nutrisi. Penelitian menunjukkan bahwa perbedaan varietas dan media tanam memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil cabai, di mana varietas Kencana menunjukkan performa terbaik dibandingkan varietas lainnya seperti Laba dan Lado F1 (Andani et al., 2020). Selain itu, varietas hibrida umumnya memiliki keunggulan dalam produktivitas dan efisiensi penyerapan hara, seperti yang ditunjukkan oleh varietas Lado Juara F1 yang menghasilkan jumlah dan bobot buah lebih tinggi dibandingkan genotipe lokal pada berbagai formulasi nutrisi AB Mix (Ali et al., 2024). Oleh karena itu, penggunaan varietas unggul yang adaptif dan telah teruji menjadi faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas cabai hidroponik.

Selain pemilihan varietas, manajemen nutrisi dan pengendalian lingkungan menjadi aspek inti dalam sistem hidroponik karena berfungsi menggantikan peran tanah sebagai penyedia hara. Pengelolaan nutrisi dilakukan melalui pengaturan konsentrasi, EC, pH, serta komposisi unsur hara makro dan mikro yang disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman. Penerapan teknologi budidaya yang terintegrasi, termasuk penggunaan varietas unggul, persemaian sehat, peningkatan populasi tanaman, serta pengelolaan hara dan air secara optimal, terbukti mampu meningkatkan produktivitas cabai hingga lebih dari 20 ton per hektar (Ulfa et al., 2024). Dalam sistem hidroponik, formulasi larutan nutrisi AB Mix perlu disesuaikan antara fase vegetatif dan generatif serta disertai monitoring rutin terhadap EC dan pH untuk mencegah stres osmotik maupun defisiensi hara yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Purba dan Padhilah, 2021).

Di sisi lain, pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHT) menjadi strategi penting untuk mengatasi tekanan biotik yang sering muncul dalam budidaya cabai hidroponik. Pendekatan ini dilakukan secara preventif dan kuratif melalui berbagai metode, seperti perlakuan benih, penggunaan mulsa, penanaman refugia, pengendalian mekanik, biologis, serta penggunaan pestisida kimia secara bijak sesuai ambang batas ekonomi (BRMP Babel, 2024). Dalam konteks hidroponik, pemanfaatan agen hayati seperti *Trichoderma* sp. menjadi solusi yang efektif karena memiliki kemampuan sebagai hiperparasit dan mikroparasit, serta mampu

menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen. Selain itu, *Trichoderma* sp. juga berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan terbukti mampu menekan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum capsici* pada cabai (Darmanto et al., 2025). Dengan demikian, integrasi antara seleksi varietas unggul, manajemen nutrisi yang presisi, serta pengendalian hama dan penyakit terpadu menjadi kunci utama dalam menghadapi berbagai tantangan budidaya cabai hidroponik dan mencapai produksi yang optimal serta berkelanjutan.

Strategi Bioteknologi

Pendekatan bioteknologi dalam budidaya cabai hidroponik menjadi solusi strategis untuk meningkatkan kualitas bibit dan efisiensi produksi secara berkelanjutan. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah kultur jaringan (*in vitro*), yang memungkinkan memperbanyak tanaman secara massal, seragam, dan bebas patogen. Teknik ini dilakukan dengan menumbuhkan bagian tanaman seperti sel, jaringan, atau organ dalam kondisi aseptik menggunakan media nutrisi khusus, dengan aplikasi utama meliputi mikropropagasi, perbaikan tanaman, serta produksi bibit berkualitas tinggi (Hutami, 2014). Keceragaman bibit hasil kultur jaringan memberikan keuntungan besar dalam sistem hidroponik karena memudahkan pengelolaan nutrisi, sinkronisasi pertumbuhan, serta efisiensi dalam pemeliharaan dan panen. Selain itu, teknik mikropropagasi memungkinkan ketersediaan benih unggul sepanjang waktu, sehingga mendukung kontinuitas produksi dalam skala komersial (Hutami, 2014).

Selain kultur jaringan, pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) sebagai biostimulan juga menjadi pendekatan bioteknologi yang semakin berkembang dalam budidaya cabai hidroponik. PGPR merupakan kelompok mikroorganisme yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, memperbaiki kesuburan media, serta meningkatkan ketahanan terhadap stres biotik dan abiotik. Penggunaan *Trichoderma viride* sebagai salah satu agen PGPR terbukti efektif dalam meningkatkan kesuburan media tanam sekaligus menghambat pertumbuhan patogen seperti *Fusarium oxysporum*, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai merah (Hizbillah et al., 2024). Selain itu, kombinasi PGPR dengan pupuk kompos juga menunjukkan pengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan dan produktivitas cabai merah besar, yang menunjukkan bahwa integrasi antara mikroorganisme menguntungkan dan bahan organik mampu mengoptimalkan performa tanaman secara keseluruhan (Chozin et al., 2020). Dengan demikian, penerapan bioteknologi melalui kultur jaringan dan penggunaan PGPR sebagai biostimulan menjadi strategi inovatif yang tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mendukung sistem budidaya cabai hidroponik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Budidaya cabai (*Capsicum annuum* L.) dalam sistem hidroponik menunjukkan bahwa peningkatan produksi tidak semata-mata ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi sangat bergantung pada bagaimana teknologi tersebut dikelola secara tepat dan konsisten. Sistem hidroponik memberikan keunggulan dalam pengendalian faktor pertumbuhan seperti nutrisi, pH, dan kondisi lingkungan, sehingga potensi tanaman dapat dimaksimalkan. Namun, di balik keunggulan tersebut, sistem ini juga menuntut tingkat ketelitian yang tinggi, karena kesalahan kecil dalam pengelolaan larutan nutrisi atau kondisi lingkungan dapat langsung berdampak pada kesehatan dan produktivitas tanaman.

Keberagaman sistem hidroponik yang tersedia menunjukkan bahwa tidak ada satu metode yang sepenuhnya unggul untuk semua kondisi. Setiap sistem memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing, sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan tujuan budidaya, skala produksi, serta kemampuan pengelolaan. Selain itu, keberadaan stres abiotik dan biotik menegaskan bahwa meskipun lingkungan dapat dikendalikan, tanaman tetap rentan terhadap gangguan apabila pengelolaan tidak dilakukan secara optimal dan berkelanjutan.

Dengan demikian, keberhasilan budidaya cabai hidroponik pada dasarnya terletak pada keseimbangan antara penerapan teknologi, kemampuan manajemen, dan pemahaman mendalam terhadap kebutuhan tanaman. Pendekatan terpadu yang mengombinasikan praktik budidaya yang baik dengan inovasi bioteknologi menjadi kunci utama untuk mencapai produktivitas yang tinggi, stabil, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F., Tiara, D., Rahhutami, R., Yeni, Y., Kartina, R., & Winata. (2024). The effect of AB mix nutrient formulations on the growth and yield of several red chili varieties in hydroponics system. *Proceeding Applied Business and Engineering Conference*, 484–490.
- Altieri, M. A. (2018). *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. CRC Press.
- Amaliah, N., Widyastuti, Y., & Sutrisno. (2019). Sebaran suhu daerah perakaran pada sistem hidroponik tanaman cabai. *Jurnal Teknik Pertanian dan Biosistem*. <https://journal.ipb.ac.id/jtep/article/view/27080>
- Andani, R., Rahmawati, M., & Hayati, M. (2020). Pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) akibat perbedaan jenis media tanam dan varietas secara hidroponik substrat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(2), 1–10.
- Aprilia, D., Wibowo, L., Kushendarto, K., & Dirmawati, S. R. (2024). Keanekaragaman arthropoda, intensitas penyakit, respon pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.) karena aplikasi pupuk hayati dan pupuk pelengkap alkalis. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(3), 608–623. <https://doi.org/10.23960/jat.v12i3.9416>

- Balai Besar Sumber Daya dan Pelatihan Pertanian Bangka Belitung. (2024). *Terapkan pengendalian hama & penyakit secara terpadu, optimalkan pertumbuhan cabai*. <https://babel.bsip.pertanian.go.id/berita/terapkan-pengendalian-hama-penyakit-secara-terpadu-optimalkan-pertumbuhan-cabai>
- Cahyanti, L. D. C., Isnatin, U., Etica, U., & Nugraha, R. R. (2025). Review: Teknologi hidroponik wick dan nutrient film technique (NFT) untuk pertanian urban. *Jurnal Agrivigor*, 16(2), 139–154. <https://doi.org/10.20956/ja.v16i2.49711>
- Chozin, A., Amiroh, A., & Istiqomah, I. (2020). Uji analisa aplikasi dosis PGPR dan pupuk kompos terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.). *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(2), 57–64.
- Darmanto, K., Lihawa, M., Husain, I., & Pulogu, S. I. (2025). Uji antagonis agen hayati *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum capsici* dan *Fusarium* sp. dari tanaman cabai. *JATT*, 14(1), 52–66. <https://doi.org/10.37150/jatt.v14i1.2903>
- Fahrudin, D. E., & Slameto. (2024). Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap hasil dan pertumbuhan cabai merah (*Capsicum annuum*). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 8(1), 24–37. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v8i1.539>
- Hafid, A. S., Nadir, N., Saleh, M. I., & Rusman, M. A. A. (2025). Pembuatan green house hidroponik sistem Dutch bucket untuk budidaya cabai sebagai strategi pemberdayaan masyarakat dan pertanian berkelanjutan di Kabupaten Gowa. *Jurnal Masyarakat Madani Indonesia*, 4(4), 951–959.
- Harsela, C. N. (2022). Sistem hidroponik menggunakan nutrient film technique untuk produksi dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(11). <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i11.11983>
- Hidayat, T., Rahman, A., & Sari, D. (2022). Pengaruh suhu larutan nutrisi terhadap pertumbuhan tanaman cabai secara hidroponik. *Jurnal Agrotech*. <https://agrotech.jurnalpertanianunisapalu.com/index.php/agrotech/article/view/86>
- Hizbillah, S. T., Ramadhan, R. A. M., & Firmansyah, E. (2024). Efektivitas *Trichoderma viride* sebagai PGPR pada tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1), 102–113. <https://doi.org/10.36423/agroscript.v6i1.1890>
- Hutami, S. (2014). Mikropropagasi dan preservasi tanaman obat melalui kultur in vitro. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 33(1), 1–10. <https://doi.org/10.21082/jp3.v33n1.2014.p1-10>
- Khoerunisa, R., Khamilah, R. J. N. S., Ayuanindya, D. G., Surtikanti, H. K., & Priyandoko, D. (2024). Kandungan senyawa capsaicin dalam cabai (*Capsicum annuum* L.) sebagai anti hama pada sayuran: Kajian pustaka. *Holistic: Journal of Tropical Agriculture Sciences*, 1(2). <https://doi.org/10.61511/hjtas.v1i2.2024.354>
- Mamangkey, R. S., Tooy, D., & Ludong, D. P. M. (2023). Fertigasi pada hidroponik wick dengan pupuk organik cair kotoran sapi untuk tanaman cabai. *Jurnal Bios Logos*, 13(2), 65–72. <https://doi.org/10.35799/jbl.v13i2.46345>
- Purba, J., & Padhilah, R. (2021). Pengaruh konsentrasi nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai. *Jurnal Agrium*, 18(1). <https://ojs.unimal.ac.id/agrium/article/view/5339>

- Satria, R., Firmansyah, M., & Hidayati, N. (2023). Penerapan teknologi hidroponik cabai berbasis IoT untuk meningkatkan produktivitas. *Jurnal Masyarakat Mandiri*. <https://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm/article/view/17781>
- Syabarina, A. D., Hidayat, R., & Pribadi, D. U. (2026). The effect of planting media and nutrient flow on the growth of hydroponic lettuce with the NFT system. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 15(1), 223–232. <https://doi.org/10.23960/jtepl.v15i1.223-232>
- Tarigan, R., Hanafiah, D. S., & Sinuraya, M. (2021). *Chili pepper as a strategic horticultural commodity in Indonesia*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Total-leaf-area-of-chilli-plants-grown-in-control-9570cm-and-root-restricted-2392cm_fig2_338903955
- Ulfa, F., Maulana, S., & Hidayat, A. (2024). Pengembangan pelatihan dan pendampingan teknologi produksi lipat ganda (Proliga) dalam upaya meningkatkan produktivitas tanaman cabai. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 9(2), 291–300.
- Yuniarti, E., Wahyuni, E. T., & Kusuma, L. (2023). Analisis konsep IPA pada sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains, Terapan dan Analisisnya*, 4(1). <https://doi.org/10.56399/jst.v4i1.92>