Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian
Volume. 4, Nomor. 2 Juni 2026
e-ISSN: 2986-934X; p-ISSN: 2987-8519, Hal 98-114
DOI: https://doi.org/10.59581/jtpip-widyakarya.v4i2.6209
Tersedia: https://ifrelresearch.org/index.php/jtpip-widyakarya

Optimalisasi Produksi Pakcoy melalui Sistem Hidroponik NFT di Rumah Kaca Berbasis Efisiensi Air dan Nutrisi

Cindona Aura Ramadhan[1*], Davina Marsha Fadina[2], Muhammad Raihan Yahya[3], Adinda Regita Wardani[4], Nisrina Aprilda Conita[5], Najla Natasha Nisrina Ridwan[6], Zaskia Citra Izati[7], Danis Syah Nabil[8], Restu Puji Mumpuni[9], Agief Julio Pratama[10], M. Iqbal Nurulhaq[11], Ririh Sekar Mardisiwi[12], Ratih Kemala Dewi[13], Edi Wiraguna[14]
[1-13]Teknologi Produksi dan Pengembangan Masyarakat Pertanian, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia
[14]Fakultas Pertanian, Universitas Bojonegoro, Indonesia
**Korespondensi penulis: ediwiraguna@apps.ipb.ac.id*

Abstract. *This article discusses the application of greenhouse technology combined with the Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic system for Pakcoy (Brassica rapa L.) cultivation. The objective of this study is to provide an in-depth examination of Pakcoy cultivation techniques, from planting to harvesting, and to analyze the system's effectiveness in terms of land, water, and nutrient efficiency. The discussion covers the critical role of greenhouses in controlling the microclimate (temperature, humidity, and light) and protecting crops from external disturbances. In addition, the study highlights the advantages of hydroponic cultivation as a sustainable agricultural approach capable of supporting intensive vegetable production in limited spaces. The integration of greenhouse and NFT technology is expected to reduce environmental stress factors and improve crop growth consistency throughout the cultivation cycle. The results indicate that the NFT method in a greenhouse environment significantly enhances productivity and yield quality compared to conventional methods. The success of this system relies heavily on precise nutrient management (EC and pH), optimal temperature control (22–26°C), and stable nutrient flow rates to ensure a consistent supply of oxygen and nutrients to the plant roots. Overall, this cultivation model offers a promising alternative for modern and sustainable vegetable production.*

Keywords: *Brassica Rapa L; Greenhouse; Hydroponics; NFT; Pakcoy.*

Abstrak. Artikel ini membahas penerapan teknologi greenhouse yang dipadukan dengan sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) untuk budidaya pakcoy (Brassica rapa L.). Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan kajian mendalam mengenai teknik budidaya pakcoy, mulai dari penanaman hingga panen, serta menganalisis efektivitas sistem tersebut dalam hal efisiensi lahan, air, dan nutrisi. Pembahasan mencakup peran penting greenhouse dalam mengendalikan iklim mikro (suhu, kelembapan, dan cahaya) serta melindungi tanaman dari gangguan lingkungan eksternal. Selain itu, penelitian ini menyoroti keunggulan budidaya hidroponik sebagai pendekatan pertanian berkelanjutan yang mampu mendukung produksi sayuran secara intensif pada lahan yang terbatas. Integrasi teknologi greenhouse dan NFT diharapkan dapat mengurangi faktor-faktor stres lingkungan serta meningkatkan konsistensi pertumbuhan tanaman selama siklus budidaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode NFT dalam lingkungan greenhouse secara signifikan meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil dibandingkan metode konvensional. Keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada pengelolaan nutrisi yang tepat (EC dan pH), pengendalian suhu yang optimal (22–26°C), serta kestabilan laju aliran nutrisi untuk menjamin pasokan oksigen dan unsur hara yang berkelanjutan bagi akar tanaman. Secara keseluruhan, model budidaya ini menawarkan alternatif yang menjanjikan bagi produksi sayuran modern dan berkelanjutan.

Kata kunci: Brassica Rapa L; Hidroponik; NFT; Pakcoy; Rumah Kaca.

1. LATAR BELAKANG

Pertanian memiliki peran strategis dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Ketersediaan bahan pangan yang berkualitas, aman, dan berkelanjutan menjadi tantangan utama yang harus dihadapi dalam sistem pertanian modern saat ini (Chaireni *et al*. 2020). Selain itu, perkembangan teknologi juga mendorong adanya inovasi dalam metode budidaya tanaman agar lebih efisien, produktif,

Naskah Masuk: 01 Maret 2026; Revisi: 02 April 2026; Diterima: 01 Juni 2026; Terbit: 09 Juni 2026

dan mampu beradaptasi dengan berbagai keterbatasan, seperti lahan yang sempit dan kondisi lingkungan yang tidak menentu.

Salah satu komoditas hortikultura yang memiliki prospek baik untuk dikembangkan adalah pakcoy. Pakcoy merupakan salah satu komoditas sayuran daun yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Tanaman ini dikenal karena kandungan gizinya yang cukup lengkap, seperti vitamin A, vitamin C, kalsium, dan serat yang baik untuk menjaga kesehatan tubuh. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat, permintaan terhadap sayuran segar, termasuk pakcoy, mengalami peningkatan yang cukup signifikan (Handayani *et al*. 2022). Selain itu, pakcoy juga memiliki keunggulan dalam hal umur panen yang relatif singkat, yaitu sekitar 25–35 hari setelah tanam, sehingga sangat potensial untuk dibudidayakan secara intensif guna memenuhi kebutuhan pasar (Ramadanu *et al*. 2025).

Budidaya pakcoy secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala yang cukup kompleks. Keterbatasan lahan pertanian, terutama di daerah perkotaan, menjadi salah satu hambatan utama dalam pengembangan budidaya sayuran. Selain itu, faktor cuaca yang tidak menentu, seperti curah hujan yang tinggi atau suhu yang ekstrem, seringkali mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan menurunkan hasil produksi. Serangan hama dan penyakit juga menjadi permasalahan yang sering dihadapi oleh petani, yang dapat menyebabkan kerusakan tanaman serta menurunkan kualitas hasil panen. Kondisi ini menuntut adanya inovasi dalam sistem budidaya yang lebih efisien, adaptif, dan mampu mengatasi berbagai keterbatasan tersebut.

Salah satu alternatif solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan teknologi rumah kaca *(greenhouse*) yang dikombinasikan dengan sistem hidroponik (Tando, 2019). Rumah kaca berfungsi untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih terkontrol, sehingga tanaman dapat terhindar dari pengaruh negatif lingkungan luar, seperti hujan, angin, serta serangan organisme pengganggu tanaman. Dengan adanya pengendalian suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya, pertumbuhan tanaman dapat berlangsung secara optimal sepanjang waktu.

Pada sistem hidroponik, khususnya metode *Nutrient Film Technique* (NFT), merupakan salah satu teknik budidaya tanpa tanah yang semakin berkembang karena efisiensinya dalam penggunaan air dan nutrisi (Nazara *et al*. 2024). Pada metode ini, larutan nutrisi dialirkan secara tipis dan kontinu melalui akar tanaman, sehingga tanaman dapat menyerap unsur hara secara maksimal. Sistem NFT juga memungkinkan penggunaan lahan yang lebih sempit dengan produktivitas yang tinggi, serta menghasilkan tanaman yang lebih bersih dan berkualitas.

Kombinasi antara rumah kaca dan metode *hidroponik* NFT menjadi inovasi yang sangat potensial dalam budidaya pakcoy, terutama untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan kualitas hasil panen (Nurhidayanti, 2025). Meskipun demikian, masih diperlukan kajian lebih lanjut mengenai penerapan sistem ini agar dapat memberikan hasil yang optimal dan dapat diterapkan secara luas oleh masyarakat, baik dalam skala kecil maupun komersial. Oleh karena itu, penelitian dan penulisan mengenai budidaya pakcoy di rumah kaca dengan metode NFT menjadi penting untuk dilakukan sebagai upaya pengembangan teknologi pertanian modern.

Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk mengkaji secara mendalam mengenai teknik budidaya pakcoy di dalam rumah kaca dengan menggunakan metode *hidroponik Nutrient Film Technique (NFT),* mulai dari proses penanaman hingga panen. Selain itu, artikel ini bertujuan untuk menganalisis keunggulan serta efektivitas sistem tersebut dibandingkan dengan metode budidaya konvensional, khususnya dalam hal efisiensi penggunaan lahan, air, dan nutrisi. Penulisan ini juga diharapkan dapat memberikan informasi dan referensi bagi masyarakat, pelaku usaha pertanian, maupun peneliti mengenai potensi penerapan teknologi rumah kaca dan hidroponik NFT dalam meningkatkan produktivitas serta kualitas hasil budidaya pakcoy secara berkelanjutan.

2. METODOLOGI

Metodologi penulisan artikel ini dilakukan melalui pendekatan studi literatur dan observasi teknis terhadap penerapan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) pada budidaya pakcoy (*Brassica rapa* L.) di dalam rumah kaca (*greenhouse*). Kajian dilakukan dengan mengumpulkan berbagai sumber ilmiah berupa jurnal penelitian, artikel ilmiah, dan referensi pendukung yang berkaitan dengan budidaya pakcoy hidroponik, sistem NFT, pengelolaan rumah kaca, serta efisiensi penggunaan air dan nutrisi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi efektivitas penerapan sistem NFT dalam meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas hasil tanaman pakcoy dibandingkan dengan metode budidaya konvensional.

Tahapan budidaya yang dikaji dimulai dari proses persemaian benih pakcoy menggunakan media rockwool yang telah dibasahi hingga mencapai kondisi lembap optimal. Benih disemai pada tray semai dan dipelihara sampai muncul 2–3 helai daun sejati sebelum dipindahkan ke instalasi NFT. Bibit yang telah siap tanam kemudian ditempatkan pada netpot dengan media tanam seperti rockwool, cocopeat, atau arang sekam sebagai penyangga akar. Sistem NFT yang digunakan terdiri atas bak penampung nutrisi, pompa air, saluran tanam berbahan PVC, dan sistem sirkulasi larutan nutrisi yang dialirkan secara kontinu melalui akar

tanaman. Larutan nutrisi yang digunakan berupa AB mix dengan pengaturan nilai pH berkisar 5,5–6,5 dan Electrical Conductivity (EC) sekitar 1,5–2,0 mS/cm agar penyerapan unsur hara berlangsung optimal.

Pengelolaan lingkungan di dalam rumah kaca menjadi bagian penting dalam penelitian ini. Suhu greenhouse dijaga pada kisaran 22–26°C dengan kelembapan relatif sekitar 60–80% untuk mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara optimal. Pengamatan juga dilakukan terhadap intensitas cahaya, debit aliran nutrisi, serta kestabilan sirkulasi larutan hara. Debit aliran nutrisi diatur sekitar 1–2 L/menit agar akar memperoleh suplai oksigen dan unsur hara secara merata tanpa mengalami genangan. Selain itu, kebersihan saluran NFT dan bak nutrisi dipantau secara berkala untuk mencegah pertumbuhan alga, penyumbatan saluran, maupun kontaminasi patogen.

Parameter yang dianalisis dalam kajian ini meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, serta kualitas hasil panen. Selain itu, efisiensi penggunaan air dan nutrisi juga dievaluasi berdasarkan sistem resirkulasi larutan nutrisi pada NFT. Data dari berbagai hasil penelitian kemudian dibandingkan dan diinterpretasikan untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan hasil pakcoy, seperti umur bibit, jenis media tanam, konsentrasi nutrisi, kondisi mikroklimat greenhouse, dan kepadatan tanaman. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan menyajikan hasil dalam bentuk uraian naratif yang didukung data penelitian terdahulu guna memperoleh gambaran komprehensif mengenai optimalisasi produksi pakcoy melalui sistem hidroponik NFT berbasis efisiensi air dan nutrisi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanaman Pakcoy

Tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L. *v. chinensis*) merupakan sayuran daun semusim yang secara morfologi memiliki batang pendek dan tegak dengan struktur roset. Daunnya berbentuk oval atau bulat telur, berwarna hijau cerah hingga gelap, dengan tangkai daun (*petiole*) yang lebar, berdaging, dan memiliki tekstur renyah. Sebagai tanaman yang efisien dalam menyerap hara, pakcoy memiliki sistem perakaran serabut yang sangat adaptif terhadap media cair, menjadikannya komoditas unggulan dalam sistem hidroponik seperti NFT. Selain itu, karakteristik pertumbuhannya yang cepat, dengan masa panen berkisar antara 30 hingga 45 hari setelah tanam, sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti ketersediaan intensitas cahaya dan kestabilan suhu pada perakaran (Puspitasari dan Azizah, 2017).

Secara fisiologis, tanaman ini memiliki siklus hidup yang pendek dengan masa panen yang relatif cepat, yaitu sekitar 30 hingga 45 hari setelah tanam, tergantung pada varietas dan kondisi lingkungan rumah kaca. Pertumbuhan biomassa pakcoy sangat ditentukan oleh kemampuan tajuk dalam mengintersepsi cahaya matahari serta kestabilan suhu dan konsentrasi larutan nutrisi (PPM) yang tersedia di zona perakaran (Furoidah, 2018). Selain itu, pakcoy merupakan tanaman yang responsif terhadap perubahan lingkungan; ketidaksesuaian jarak tanam dapat secara signifikan mengubah diameter roset dan akumulasi bobot basahnya karena adanya kompetisi ruang dan cahaya (Syam, 2020).

Sistem NFT (Nutrient Film Technique)

NFT merupakan salah satu sistem hidroponik yang sering digunakan dalam skala komersial karena efisien dan fleksibel. Sistem NFT terbilang sebagai sistem yang unik karena budidayanya yang terfokus pada larutan nutrisi. Akar tanaman dibuat dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman mendapat air, nutrisi dan oksigen yang cukup (Singgih *et al.* 2019). Aliran nutrisi pada sistem ini dibuat tipis dan berjalan terus-menerus di sepanjang saluran tanam, sehingga akar tidak tenggelam seluruhnya, tetapi tetap bersentuhan langsung dengan larutan hara. Keadaan tersebut membuat akar tetap lembap, tetap memperoleh unsur hara, dan pada saat yang sama masih mempunyai ruang udara yang cukup untuk respirasi. Pola kerja seperti ini menjadi salah satu alasan mengapa NFT banyak dipakai untuk tanaman daun, karena pertumbuhan vegetatifnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dan nutrisi yang stabil (Singgih *et al.* 2019; Mohammed dan Sookoo 2016).

Susunan NFT pada dasarnya terdiri atas bak penampung nutrisi, pompa, saluran tanam, dan lubang tanam yang ditempati netpot. Bibit diletakkan pada media seperti rockwool, lalu akar diarahkan menuju aliran nutrisi di bagian bawah saluran. Pada fase awal pertumbuhan, saat akar belum cukup panjang untuk menyentuh larutan, kain flanel dapat dipakai sebagai penghubung agar air nutrisi tetap naik ke media tanam. Susunan seperti ini menunjukkan bahwa NFT tidak hanya mengandalkan alat mekanis, tetapi juga memerlukan penataan media yang tepat supaya perpindahan air dan nutrisi ke akar berjalan dengan baik. Penggunaan pipa PVC yang dilubangi juga membuat instalasi lebih ringan, mudah dirakit, dan relatif mudah dipindahkan, sehingga sesuai untuk pekarangan rumah maupun unit tanam yang lebih besar (Singgih *et al*. 2019).

Pada penerapan yang lebih besar, NFT dapat disusun menjadi sistem semi-tertutup dengan sirkulasi balik, sehingga larutan nutrisi yang sudah mengalir melalui saluran tanam dapat kembali ke reservoir untuk dipakai lagi. Contoh penerapan seperti ini terlihat pada budidaya selada dan seledri yang menggunakan greenhouse dengan ukuran sekitar 18 x 8

meter, sekitar 100 talang PVC sepanjang 3 meter, serta reservoir berkapasitas kurang lebih 500 galon. Larutan nutrisi dialirkan dari reservoir ke saluran tanam melalui pompa, lalu bergerak sepanjang talang dan kembali lagi ke penampung. Susunan seperti itu menunjukkan bahwa NFT dapat diatur menjadi sistem yang rapi dan terkontrol, sehingga cocok dipakai untuk produksi yang lebih intensif. Keunggulan dari sistem sirkulasi balik ini adalah penggunaan air dan nutrisi menjadi lebih hemat dibandingkan sistem yang membuang larutan setelah satu kali pemakaian (Mohammed dan Sookoo 2016).

Kelancaran aliran nutrisi menjadi bagian utama dalam keberhasilan NFT. Bila pompa berhenti atau debit aliran menurun, akar tanaman akan cepat mengalami gangguan karena sumber air dan hara hanya berasal dari lapisan nutrisi yang tipis tersebut. Oleh sebab itu, kondisi larutan nutrisi perlu dijaga secara rutin, bukan hanya jumlah airnya, tetapi juga mutu larutannya. Pada budidaya selada daun, kisaran pH 5,5–6,5 dan EC sekitar 2,2 menunjukkan keadaan yang mendukung pertumbuhan yang baik. Data ini memberi gambaran bahwa NFT bukan sekadar sistem tanam tanpa tanah, melainkan sistem budidaya yang menuntut ketelitian dalam menjaga keseimbangan larutan hara. Jika kualitas nutrisi menurun atau tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman, maka pertumbuhan daun, warna tanaman, dan mutu hasil panen juga akan ikut terganggu. Selain itu, NFT juga menuntut perawatan yang rutin pada instalasinya. Saluran tanam harus tetap bersih agar aliran nutrisi tidak terhambat oleh lumut, jamur, atau endapan lain. Air di bak penampung harus selalu dicek agar pompa tidak bekerja dalam kondisi air terlalu sedikit. Tanaman juga harus diamati secara berkala agar gejala serangan hama dan penyakit dapat diketahui lebih awal. Pada salah satu contoh penerapan, ditemukan adanya pertumbuhan alga pada saluran, bercak cokelat pada daun, dan gangguan serangga pemotong daun. Keadaan ini menunjukkan bahwa walaupun NFT memberi efisiensi yang tinggi, sistem ini tetap memerlukan pengelolaan yang teliti. Jadi, kemudahan dalam perakitan instalasi tidak berarti bahwa pemeliharaannya dapat diabaikan, karena hasil tanam sangat bergantung pada kestabilan kondisi saluran dan larutan nutrisi (Singgih e*t al.* 2019; Mohammed dan Sookoo 2016).

Keunggulan lain dari NFT terletak pada efisiensi ruang tanam. Saluran dapat disusun berjajar, bertingkat, atau ditempatkan mengikuti bentuk lahan yang tersedia. Keadaan ini membuat NFT lebih mudah diterapkan pada area yang sempit, termasuk pekarangan rumah yang sebelumnya tidak dimanfaatkan. Itulah sebabnya sistem ini dinilai sesuai untuk masyarakat yang memiliki keterbatasan lahan, tetapi tetap ingin menanam sayuran secara produktif. Dari sisi rumah tangga, NFT dapat membantu penyediaan sayuran segar untuk konsumsi sendiri. Dari sisi usaha, sistem yang sama dapat diperbesar kapasitasnya untuk

memenuhi kebutuhan pasar. Jadi, NFT memiliki nilai praktis yang cukup tinggi karena dapat dipakai untuk dua tujuan sekaligus, yaitu pemenuhan kebutuhan pangan rumah tangga dan peluang usaha budidaya sayuran (Singgih *et al*. 2019).

Walaupun demikian, penggunaan NFT pada skala yang lebih besar akan menambah kebutuhan biaya operasional. Pengeluaran tidak hanya berasal dari bibit dan nutrisi, tetapi juga dari bahan kemasan, tenaga kerja, listrik, dan distribusi hasil panen. Pada unit komersial, biaya pengemasan dan transportasi bahkan dapat menjadi beban yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan NFT pada skala usaha tidak cukup dinilai dari pertumbuhan tanaman saja, melainkan juga dari kemampuan pengelola dalam menekan biaya operasional. Jadi, NFT memang dapat menghasilkan tanaman dengan pertumbuhan yang baik, tetapi efisiensi usaha tetap bergantung pada pengelolaan produksi secara menyeluruh, mulai dari instalasi, pemeliharaan, panen, hingga distribusi (Mohammed dan Sookoo 2016).

Peran Rumah Kaca dalam Budidaya

Penggunaan rumah kaca (greenhouse) dalam budidaya hortikultura, khususnya pakcoy, berperan penting dalam mengendalikan iklim mikro yang meliputi suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya sehingga menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih stabil dan optimal bagi tanaman. Pengaturan suhu dan kelembaban yang tepat mendukung proses fisiologis utama seperti fotosintesis dan transpirasi, sementara intensitas cahaya dapat dikontrol melalui material penutup greenhouse atau penambahan pencahayaan buatan untuk memastikan kebutuhan cahaya tanaman terpenuhi sepanjang waktu (Oetarjo et al., 2024). Stabilitas lingkungan ini memberikan keuntungan signifikan terhadap efisiensi pertumbuhan, di mana fluktuasi suhu yang rendah membantu menjaga keseimbangan metabolisme tanaman, sehingga pertumbuhan pakcoy menjadi lebih optimal dan seragam. Selain itu, kelembaban yang terkontrol juga berperan dalam meningkatkan efisiensi transpirasi dan penyerapan nutrisi, terutama pada sistem hidroponik NFT yang sangat bergantung pada keseimbangan kondisi lingkungan (Widarso et al., 2024).

Di sisi lain, greenhouse juga berfungsi sebagai pelindung terhadap faktor eksternal seperti hujan dan serangan hama yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Curah hujan yang tinggi berpotensi menyebabkan kerusakan fisik tanaman serta meningkatkan kelembaban yang memicu perkembangan penyakit, namun dengan adanya greenhouse, paparan langsung terhadap hujan dapat diminimalkan. Struktur tertutup ini juga membatasi masuknya organisme pengganggu tanaman sehingga penggunaan pestisida dapat ditekan dan kualitas hasil panen menjadi lebih baik (Widarso et al., 2024). Perlindungan terhadap hama menjadi aspek penting lainnya karena lingkungan yang lebih terkendali mampu mengurangi

risiko serangan serangga dan patogen dari luar area budidaya, sehingga tanaman dapat tumbuh lebih sehat dan produktivitas tetap terjaga (Widarso et al., 2024; Rafiqi et al., 2024).

Jika dibandingkan dengan sistem lahan terbuka (open field), budidaya dalam greenhouse menunjukkan keunggulan yang signifikan dalam hal kestabilan pertumbuhan dan efisiensi produksi. Lingkungan yang terkontrol di dalam greenhouse menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih seragam, baik dari segi tinggi, jumlah daun, maupun bobot segar, sedangkan sistem open field sangat dipengaruhi oleh fluktuasi cuaca yang tidak menentu sehingga pertumbuhan menjadi kurang stabil (Rafiqi et al., 2024). Selain itu, greenhouse memungkinkan budidaya dilakukan sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim, berbeda dengan sistem lahan terbuka yang sangat dipengaruhi kondisi iklim. Dari sisi efisiensi sumber daya, penggunaan greenhouse juga lebih unggul karena memungkinkan pengelolaan air dan nutrisi secara lebih presisi, terutama ketika dikombinasikan dengan sistem hidroponik NFT yang mengalirkan larutan nutrisi secara terkontrol, sehingga mendukung produksi yang lebih berkelanjutan (Rafiqi et al., 2024; Oetarjo et al., 2024).

Faktor Faktor yang Mempengaruhi Produksi Pakcoy pada NFT di Rumah Kaca

Dalam sistem hidroponik NFT, nutrisi menjadi faktor fundamental karena seluruh kebutuhan hara tanaman disuplai melalui larutan tanpa adanya buffer alami seperti tanah. Larutan nutrisi AB Mix menyediakan unsur hara makro dan mikro dalam bentuk yang mudah diserap, sehingga secara langsung memengaruhi pertumbuhan tanaman pakcoy. Nitrogen memiliki peran dominan dalam pembentukan daun sebagai organ utama, di mana defisiensi akan menyebabkan pertumbuhan terhambat dan klorosis. Pemberian nutrisi yang optimal terbukti meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot segar, serta keseimbangan unsur hara menjadi kunci efisiensi serapan dan produktivitas tanaman hidroponik (Putra et al., 2020; Sharma et al., 2019). Konsentrasi nutrisi menentukan jumlah total unsur dalam larutan, di mana konsentrasi rendah menyebabkan defisiensi, sedangkan konsentrasi tinggi memicu stres osmotik yang menghambat penyerapan air dan hara. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi hanya efektif hingga titik optimum sebelum akhirnya menurunkan hasil produksi (Sutanto et al., 2021). Parameter Electrical Conductivity (EC) menjadi indikator utama total ion terlarut, dan kestabilannya dalam kisaran optimal terbukti meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Rouphael dan Colla, 2020; Samarakoon et al., 2018). Selain itu, pH larutan menentukan ketersediaan hara, sehingga pengelolaan pH yang stabil sangat penting untuk menjaga efisiensi penyerapan nutrisi (Singh et al., 2019; Khalaj et al., 2017). Ketiga parameter ini saling berkaitan, sehingga manajemen nutrisi harus dilakukan secara

terpadu karena perubahan satu parameter akan memengaruhi yang lain dan berdampak langsung pada pertumbuhan tanaman (Gruda et al., 2019).

Faktor lingkungan seperti intensitas dan lama penyinaran juga berperan penting dalam mendukung fotosintesis dan pembentukan biomassa pakcoy. Cahaya dapat berasal dari sumber alami maupun buatan seperti lampu LED, di mana cahaya alami memiliki spektrum lengkap tetapi fluktuatif, sedangkan LED memungkinkan pengaturan intensitas dan spektrum sesuai kebutuhan tanaman (Agustin et al., 2024; Sari et al., 2022; Senjayani et al., 2024). Intensitas cahaya yang cukup meningkatkan produksi klorofil dan laju fotosintesis, sedangkan fotoperiode optimal sekitar 10–14 jam per hari mendukung akumulasi biomassa. Ketidakseimbangan pencahayaan dapat menghambat pertumbuhan vegetatif dan menurunkan hasil produksi (Sari et al., 2022). Selain cahaya, suhu dan kelembapan menjadi faktor kunci dalam sistem greenhouse, di mana pakcoy tumbuh optimal pada suhu 22–26°C. Suhu tinggi dapat meningkatkan respirasi dan menurunkan biomassa, sedangkan suhu rendah menghambat aktivitas enzim dan pertumbuhan. Kelembapan ideal berkisar 60–80% untuk menjaga keseimbangan transpirasi; kelembapan tinggi memicu penyakit, sedangkan kelembapan rendah menyebabkan stres air. Pengendalian mikroklimat melalui ventilasi, shading, dan sistem fogging sangat penting untuk menjaga stabilitas lingkungan dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi serta hasil produksi (Santoso et al., 2022).

Debit aliran nutrisi dalam sistem NFT menjadi faktor teknis yang menentukan distribusi hara dan oksigen di zona perakaran. Sistem NFT mengalirkan lapisan tipis larutan nutrisi sehingga akar mendapatkan suplai hara dan oksigen secara bersamaan (Manik et al., 2019). Debit yang optimal memastikan distribusi nutrisi merata; debit terlalu rendah menyebabkan gradien nutrisi dan peningkatan suhu larutan, sedangkan debit terlalu tinggi menghambat pertukaran gas karena akar terendam penuh. Selain itu, debit berperan dalam menjaga oksigen terlarut, di mana aliran kontinu menciptakan turbulensi ringan yang meningkatkan difusi oksigen. Debit ideal untuk sayuran daun seperti pakcoy berkisar 1–2 L/menit dengan ketebalan larutan maksimal sekitar 3 mm untuk menjaga keseimbangan air dan oksigen (Nazara et al., 2024). Ketidaksesuaian debit dapat memicu stres fisiologis seperti penurunan penyerapan kalsium yang menyebabkan tip burn, serta menurunkan proses fotosintesis dan kualitas hasil. Optimasi debit yang dikombinasikan dengan kemiringan talang 1–5% terbukti menghasilkan biomassa pakcoy yang optimal (Nazara et al., 2024).

Selain itu, jarak tanam atau kepadatan tanaman menentukan efisiensi penggunaan ruang dan sumber daya dalam sistem NFT. Kepadatan tinggi meningkatkan kompetisi cahaya dan menyebabkan self-shading yang menurunkan laju fotosintesis pada daun bagian bawah,

sehingga mengurangi bobot per tanaman (Furoidah, 2018; Puspitasari dan Azizah, 2017). Sebaliknya, jarak tanam yang lebih lebar memungkinkan perkembangan roset yang optimal dan meningkatkan kualitas individu tanaman meskipun jumlah populasi menurun (Syam, 2020). Kepadatan juga memengaruhi mikroklimat dan sirkulasi udara, di mana kondisi terlalu rapat meningkatkan kelembapan dan risiko penyakit (Sardare dan Admane, 2013). Dalam sistem NFT, kepadatan tinggi juga dapat menurunkan konsentrasi nutrisi dan oksigen sepanjang talang, sehingga pengaturan jarak tanam seperti 20×20 cm atau 25×25 cm menjadi penting untuk menjaga keseimbangan pertumbuhan dan produktivitas (Syam, 2020; Furoidah, 2018).

Terakhir, media semai dalam sistem NFT berfungsi sebagai penyangga fisik dan pengatur kelembapan akar tanpa menyediakan nutrisi utama. Media yang ideal harus memiliki porositas tinggi, retensi air yang cukup, serta stabil secara struktur untuk mendukung pertumbuhan akar dan penyerapan hara (Pratiwi et al., 2023). Media seperti rockwool, cocopeat, dan arang sekam memiliki karakteristik berbeda yang memengaruhi kondisi rizosfer, di mana rockwool unggul dalam daya serap air, cocopeat dalam retensi kelembapan, dan arang sekam dalam aerasi. Pemilihan media yang tepat mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif, luas daun, serta bobot segar hingga 25% sekaligus mengurangi risiko penyakit akar seperti Pythium, sehingga berkontribusi pada produktivitas yang berkelanjutan dalam sistem greenhouse (Rahman et al., 2022).

Pertumbuhan dan Hasil (Yield)

Pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy pada sistem Nutrient Film Technique di dalam greenhouse dipengaruhi oleh mutu bibit, komposisi nutrisi, media tanam awal, serta kestabilan lingkungan tumbuh. Pada sistem ini, akar tanaman berada pada lapisan larutan nutrisi yang dangkal dan terus mengalir, sehingga kebutuhan air, unsur hara, dan oksigen dapat terpenuhi secara terus-menerus. Kondisi tersebut membuat pakcoy, sebagai sayuran daun berumur pendek, mampu tumbuh cepat apabila pengelolaan nutrisi dan perakaran berlangsung baik. Hasil penelitian Santoso dan Widyawati menunjukkan bahwa pada budidaya pakcoy secara hidroponik NFT, hasil tertinggi diperoleh saat tanaman ditanam langsung dari bibit 0 HST atau menggunakan bibit berumur 5 HST. Penelitian itu juga menegaskan bahwa pemakaian umur bibit yang tepat dapat menghasilkan pertumbuhan dan hasil optimal pada akhir masa panen.

Faktor umur bibit memperlihatkan pengaruh yang jelas terhadap komponen pertumbuhan. Pada umur pengamatan 40 HST, bibit 0 HST menghasilkan tinggi tanaman 30,02 cm, jumlah daun 21,46 helai, bobot segar tanaman 336,94 g, bobot kering tanaman 13,17 g, dan luas daun 2926,52 cm^2. Bibit 5 HST masih menunjukkan performa yang hampir setara,

yaitu tinggi tanaman 30,39 cm, jumlah daun 19,66 helai, bobot segar tanaman 308,27 g, bobot kering 11,45 g, serta luas daun 2523,69 cm^2. Setelah umur bibit memasuki 10, 15, hingga 20 HST, seluruh peubah pertumbuhan turun cukup tajam. Pola ini menunjukkan bahwa pemindahan bibit terlalu tua dari fase persemaian ke instalasi NFT menyebabkan masa tumbuh efektif di unit produksi menjadi lebih pendek, sehingga akumulasi biomassa tanaman menjadi lebih rendah.

Dari sisi hasil konsumsi, penurunan tersebut terlihat lebih tegas lagi. Pada tanaman yang dipanen pada umur 40 HST, bobot segar konsumsi tertinggi tercatat pada bibit 0 HST sebesar 319,69 g per tanaman dan 5 HST sebesar 293,33 g per tanaman. Setelah itu hasil turun menjadi 147,71 g pada 10 HST, 52,65 g pada 15 HST, dan hanya 15,68 g pada 20 HST. Data ini menunjukkan bahwa pakcoy pada NFT di greenhouse mempunyai produktivitas yang sangat baik jika seluruh fase tumbuh berlangsung di lingkungan produksi yang stabil sejak awal. Santoso dan Widyawati juga mencatat bahwa hasil dari perlakuan 0 HST dan 5 HST sudah mendekati deskripsi varietas green sebesar sekitar 322 g per tanaman pada panen 40 HST.

Selain umur bibit, jenis nutrisi dan media tanam awal juga memberi pengaruh nyata terhadap hasil akhir tanaman. Penelitian Muslimah dkk. yang dilakukan di greenhouse Fakultas Pertanian Universitas Teuku Umar memakai sistem NFT dengan tiga jenis nutrisi, yaitu AB mix Goodplant, NPK 16:16:16, dan pupuk organik cair NASA, serta empat jenis media tanam, yaitu arang sekam, rockwool, cocopeat, dan spons. Pengamatan dilakukan pada 28 hari setelah tanam. Hasilnya menunjukkan bahwa nutrisi, media tanam, dan interaksi keduanya berpengaruh terhadap bobot segar dan bobot kering tanaman pakcoy. Kombinasi terbaik diperoleh pada AB mix dan cocopeat, yang menghasilkan bobot segar 216,80 g per tanaman serta bobot kering 10,35 g per tanaman. Pada nutrisi AB mix, media rockwool menghasilkan bobot segar 210,20 g dan bobot kering 8,55 g, sedangkan arang sekam menghasilkan bobot segar 193,00 g dan bobot kering 7,65 g. Media spons menjadi yang terendah, yaitu bobot segar 126,60 g dan bobot kering 6,91 g. Temuan ini memperlihatkan bahwa media awal yang mampu menahan air cukup baik, tetapi tetap memberi ruang udara bagi akar, dapat membantu pembentukan biomassa tanaman secara lebih baik.

Hasil tersebut juga memperlihatkan bahwa AB mix masih menjadi nutrisi yang paling konsisten dalam mendukung performa pakcoy pada sistem NFT. Artikel lain dari Fatika dkk. di *Journal of Horticulture Production Technology* melaporkan bahwa pada greenhouse Polihidro Farm Politeknik Negeri Lampung, nutrisi AB mix 10 mL/L memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik pada pakcoy, sedangkan variasi konsentrasi pupuk daun 0,5–3 g/L tidak memberi pengaruh nyata terhadap pertumbuhan maupun hasil. Dengan demikian,

perbaikan komposisi nutrisi utama lebih berpengaruh daripada penambahan pupuk daun pada kondisi percobaan tersebut. Temuan ini memperkuat hasil Muslimah dkk. bahwa performa pakcoy pada NFT sangat erat dengan ketepatan sumber nutrisi yang diberikan.

Bila ketiga studi tersebut dibaca bersama, pertumbuhan optimal pakcoy pada sistem NFT di greenhouse menunjukkan pola yang cukup konsisten. Pakcoy tumbuh paling baik saat bibit dipindah dalam keadaan sangat muda, sekitar 0–5 HST, sehingga seluruh fase pertumbuhan aktif berlangsung di instalasi NFT (Tabel 1). Nutrisi utama yang paling sering memberi hasil tertinggi adalah AB mix, sebab larutan ini telah menyediakan unsur hara makro dan mikro secara lebih lengkap. Media awal seperti cocopeat dan rockwool juga memberi hasil lebih baik dibanding media yang daya simpan airnya rendah, karena fase awal pertumbuhan akar sangat dipengaruhi oleh kelembapan media. Dari sisi umur panen, pakcoy pada NFT dapat dipanen relatif cepat, yaitu sekitar 28 HST pada studi Muslimah dkk. dan 40 HST pada studi Santoso dan Widyawati, tergantung titik awal perhitungan umur tanaman yang digunakan pada masing-masing penelitian.

Secara fisiologis, hasil yang lebih tinggi pada perlakuan-perlakuan tersebut dapat dipahami dari kondisi perakaran pada sistem NFT. Larutan nutrisi yang mengalir tipis membuat akar memperoleh pasokan air, unsur hara, dan oksigen secara terus-menerus. Hal ini mendukung pembentukan daun, perluasan area fotosintesis, dan penumpukan biomassa segar tanaman. Muslimah et al. (2024) menjelaskan bahwa pada sistem NFT, kedalaman larutan hanya sekitar 1–3 mm dengan laju alir 1,0 L/menit, sehingga mobilisasi air dan nutrisi berlangsung lancar. Keadaan ini membantu pembentukan bobot segar dan bobot kering tanaman menjadi lebih baik. Karena pakcoy adalah tanaman daun, perbaikan kondisi perakaran langsung berhubungan dengan pembentukan tajuk yang bernilai ekonomis.

Berdasarkan seluruh hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa produktivitas pakcoy pada sistem NFT di greenhouse berada pada kisaran yang baik, dengan hasil tertinggi yang terverifikasi dalam sumber-sumber ini berada antara 216,80 g hingga 319,69 g per tanaman, bergantung pada umur bibit, sumber nutrisi, media tanam, dan cara menghitung umur panen. Dalam praktik budidaya, kondisi optimal cenderung dicapai ketika tanaman dipindah sejak bibit sangat muda, memakai nutrisi AB mix, menggunakan media awal yang mampu menjaga kelembapan akar, dan dipelihara dalam greenhouse yang mendukung kestabilan suhu serta aliran nutrisi. Dengan susunan seperti itu, pakcoy tidak hanya tumbuh cepat, tetapi juga memberi hasil panen yang layak untuk produksi sayuran segar secara intensif.

Tabel 1. Ringkasan data pertumbuhan dan hasil pakcoy pada sistem NFT di greenhouse.

Peneliti	Faktor utama	Umur panen	Hasil
Santoso & Widyawati (2020)	Umur bibit 0, 5, 10, 15, 20 HST	40 HST	Bobot segar konsumsi tertinggi pada 0 HSS = 319,69 g/tanaman dan 5 HSS = 293,33 g/tanaman
Muslimah *et al.* (2024)	Nutrisi dan media tanam	28 HST	Kombinasi terbaik AB mix + cocopeat = 216,80 g bobot segar dan 10,35 g bobot kering per tanaman
Fatika *et al.* (2023)	Jenis nutrisi dan konsentrasi pupuk daun	Studi greenhouse, Juni - Agustus 2022	AB mix 10 mL/L memberi pertumbuhan dan hasil terbaik, pupuk daun tidak memberi pengaruh nyata.

Sumber: Santoso dan Widyawati (2020), Muslimah *et al.* (2024), dan Fatika *et al.* (2023).

Efisiensi dan Keunggulan Sistem

Sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) dalam budidaya pakcoy di rumah kaca menawarkan berbagai keunggulan signifikan dibandingkan metode konvensional, terutama dalam aspek efisiensi sumber daya, produktivitas, dan kontrol lingkungan. Dari sisi efisiensi penggunaan air dan nutrisi, sistem NFT memanfaatkan sirkulasi larutan nutrisi secara kontinu sehingga air yang digunakan menjadi jauh lebih hemat, sementara nutrisi yang tidak terserap oleh tanaman dapat digunakan kembali. Mekanisme resirkulasi ini tidak hanya mengurangi pemborosan, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi secara keseluruhan (Resh, 2013; Gruda, 2019). Selain itu, pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal dan seragam karena akar tanaman secara langsung memperoleh suplai air, nutrisi, dan oksigen dalam kondisi yang seimbang. Kondisi ini memungkinkan pakcoy tumbuh lebih cepat dan menghasilkan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem berbasis tanah (Samarakoon et al., 2018; Sharma et al., 2019).

Keunggulan lainnya terletak pada kemampuan pengendalian lingkungan yang lebih baik karena sistem ini dioperasikan di dalam rumah kaca. Faktor-faktor penting seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman, sehingga mengurangi risiko stres akibat fluktuasi cuaca ekstrem dan meningkatkan stabilitas pertumbuhan (Oetarjo et al., 2024; Tando, 2019). Selain itu, sistem NFT juga mampu menekan serangan hama dan penyakit, terutama yang berasal dari tanah, karena media tanah tidak digunakan. Struktur greenhouse turut membantu membatasi masuknya organisme pengganggu dari lingkungan luar, sehingga kebutuhan pestisida dapat diminimalkan dan kualitas hasil panen menjadi lebih baik (Putra et al., 2020; Rafiqi et al., 2024).

Di samping itu, sistem NFT memberikan efisiensi penggunaan lahan yang tinggi karena memungkinkan penerapan sistem tanam vertikal atau bertingkat. Hal ini sangat

menguntungkan untuk budidaya di lahan terbatas, karena produktivitas per satuan luas dapat ditingkatkan secara signifikan tanpa perlu memperluas area tanam (Singgih et al., 2019; Gruda, 2019). Dengan kombinasi efisiensi input, peningkatan pertumbuhan, kontrol lingkungan yang presisi, serta optimalisasi ruang, sistem NFT menjadi salah satu teknologi budidaya yang unggul dan berkelanjutan dalam produksi pakcoy modern di rumah kaca.

Kendala Dan Tantangan Budidaya Pakcoy

Budidaya pakcoy (*Brassica rapa* L.) di rumah kaca dengan sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) menawarkan keunggulan dalam efisiensi penggunaan air dan kontrol lingkungan, namun di sisi lain juga menghadapi berbagai kendala teknis dan manajerial yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Salah satu tantangan utama adalah ketidakstabilan larutan nutrisi, khususnya pada parameter *Electrical Conductivity* (EC) dan pH, yang dalam sistem NFT sangat dinamis karena larutan bersirkulasi secara kontinu. Fluktuasi ini sering terjadi akibat penyerapan ion oleh tanaman dan penguapan air, sehingga perubahan kecil sekalipun dapat berdampak signifikan terhadap ketersediaan hara dan keseimbangan fisiologis tanaman. Selain itu, sistem NFT sangat bergantung pada aliran nutrisi yang tidak terputus, sehingga risiko kegagalan sistem seperti gangguan pompa atau listrik menjadi kritis karena dapat menyebabkan akar tanaman kekurangan air dan oksigen dalam waktu singkat, yang berujung pada stres bahkan kematian tanaman.

Pengendalian lingkungan di dalam rumah kaca juga menjadi tantangan penting, karena suhu dan kelembapan yang tidak optimal dapat menghambat penyerapan nutrisi serta menurunkan produktivitas tanaman, sehingga diperlukan pengelolaan mikroklimat yang presisi (Khalaj et al., 2017). Di sisi lain, kondisi sistem hidroponik yang lembap secara terus-menerus meningkatkan risiko serangan hama dan penyakit, terutama penyakit akar yang menjadi salah satu kendala utama dalam budidaya tanpa tanah (Putra et al., 2020). Selain faktor teknis, keberhasilan sistem NFT juga sangat ditentukan oleh kemampuan manajemen dan monitoring yang baik, karena pengelolaan nutrisi, lingkungan, serta operasional sistem memerlukan ketelitian dan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi (Gruda et al., 2019).

Secara umum, kendala dalam budidaya pakcoy dengan sistem NFT di rumah kaca mencakup ketidakstabilan nutrisi, risiko kegagalan sistem, kondisi lingkungan yang kurang optimal, serta serangan hama dan penyakit, ditambah dengan tantangan dalam aspek manajemen dan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian yang komprehensif melalui monitoring rutin, desain sistem yang andal, serta pengelolaan lingkungan yang optimal untuk meminimalkan risiko dan memastikan produktivitas tanaman tetap tinggi.

Inovasi dan Pengembangan

Budidaya pakcoy dengan sistem NFT di rumah kaca terus mengalami inovasi dan pengembangan untuk meningkatkan hasil produksi dan efisiensi. Salah satu inovasi yang berkembang adalah otomatisasi sistem menggunakan teknologi seperti sensor pH, EC, dan suhu. Dengan alat ini, kondisi nutrisi dapat dipantau dan disesuaikan secara otomatis sehingga lebih akurat dan efisien. (Manik et al., 2019; Senjayani et al., 2024).

Selain itu, penggunaan Internet of Things (IoT) memungkinkan petani memantau sistem hidroponik dari jarak jauh melalui smartphone. Hal ini mempermudah pengelolaan dan mengurangi kesalahan manusia. Inovasi lainnya adalah penggunaan lampu LED grow light sebagai sumber pencahayaan tambahan, terutama saat intensitas cahaya matahari kurang. Lampu ini dapat meningkatkan laju fotosintesis dan mempercepat pertumbuhan tanaman. (Sari et al., 2022; Senjayani et al., 2024).

Pengembangan juga dilakukan pada desain instalasi NFT, seperti sistem vertikal dan modular, yang dapat meningkatkan kapasitas produksi dalam ruang terbatas. Ke depan, budidaya pakcoy dengan sistem NFT berpotensi dikombinasikan dengan teknologi pertanian presisi, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih optimal, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Ke depan, sistem NFT berpotensi dikombinasikan dengan teknologi pertanian presisi (precision agriculture), seperti penggunaan artificial intelligence (AI) untuk prediksi kebutuhan nutrisi tanaman. Integrasi teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Gruda, 2019; Sharma et al., 2019).

4. KESIMPULAN

Budidaya tanaman pakcoy menggunakan sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) di dalam rumah kaca (greenhouse) merupakan solusi yang inovatif untuk meningkatkan produktivitas serta kualitas hasil panen di tengah -tengah keterbatasan lahan dan ketidakpastian cuaca. Keberhasilan sistem NFT ini sangat bergantung pada pengelolaan parameter teknis yang presisi dan tersetruktur, seperti penggunaan nutrisi AB Mix yang optimal, menjaga kestabilan nilai pH (5,5–6,5) dan EC (1,5–2,0 mS/cm), serta pengaturan debit aliran nutrisi sekitar 1–2 liter per menit agar ketersediaan hara dan oksigen terlarut tetap terjaga. Selain itu, faktor lingkungan seperti mikro di dalam rumah kaca, termasuk suhu optimal (22–26°C) dan intensitas cahaya yang cukup, berperan penting dalam mempercepat siklus panen pakcoy menjadi sekitar 28 hingga 40 hari. Teknologi ini tidak hanya mengefisiensi penggunaan air dan pupuk, tetapi juga mampu menghasilkan biomassa tanaman yang lebih tinggi dan seragam

dibandingkan metode konvensional, sehingga sangat direkomendasikan untuk skala rumah tangga maupun komersial.

DAFTAR REFERENSI

Agustin, R., Pratama, I. G. N. A., & Lestarin, N. N. (2024). Pengaruh waktu pengairan nutrisi terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (Brassica rapa L.) dengan sistem NFT. *Jurnal Agroteknologi*, *8*(1), 142–150.

Chaireni, R., Agustanto, D., Wahyu, R. A., & Nainggolan, P. (2020). Ketahanan pangan berkelanjutan. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*, *1*(2), 70–79.

Fatika, I., Sesanti, R. N., Kartina, R., Sismanto, S., Rahhutami, R., & Yeni. (2023). Pertumbuhan dan hasil pakcoy (Brassica campestris var. chinensis) pada berbagai jenis nutrisi dan konsentrasi pupuk daun dengan sistem hidroponik NFT. *Journal of Horticulture Production Technology*, *1*(1), 11–19. https://doi.org/10.25181/jhpt.v1i1.3080

Furoidah, N. (2018). Efektivitas jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (Brassica rapa L.) dengan sistem hidroponik NFT. *Jurnal Agrosains: Karya Kreatif dan Inovatif*, *3*(1), 37–46.

Handayani, D. R., Juliastuti, H., Rakhmat, I. I., Yuslianti, E. R., & Pratama, A. G. N. (2022). *Sayur dan buah berwarna hijau di lingkungan rumah untuk menangkal radikal bebas di masa pandemi COVID-19*. Deepublish.

Manik, D. E. P., Nababan, F. D., Ramadani, F., & Wirman, S. P. (2019). Sistem otomasi pada tanaman hidroponik NFT untuk optimalisasi nutrisi. *Prosiding SainsTeKes Seminar Nasional MIPAKes UMRI*, *1*, 1–6.

Masriah, Krisdianto, & Kadarsah, A. (2020). Pengaruh berbagai perlakuan nutrisi larutan hidroponik pada pertumbuhan tanaman kangkung (Ipomoea aquatica). *Bioscientiae*, *17*, 47–54.

Mohammed, S. B., & Sookoo, R. (2016). Nutrient film technique for commercial production. *Agricultural Science Research Journal*, *6*(11), 269–274.

Muslimah, Y., Harahap, E. J., Lizmah, S. F., Siregar, M. P. A., Martunis, & Yuszikri. (2024). Nutrients and growing media effect on growth and physiological traits of pak choi plants (Brassica rapa L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, *56*(2), 652–659. https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.2.17

Nazara, R. V., Telaumbanua, P. H., Harefa, K. S. E., Daeli, D. E. J., & Sole, R. A. (2024). Efektivitas lama pemberian nutrisi terhadap produktivitas pakcoy (Brassica rapa L.) pada media tumbuh organik secara hidroponik sistem NFT (Nutrient Film Technique). *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, *27*(2), 201–212. https://doi.org/10.30596/agrium.v27i2.21551

Nurhidayanti, M. (2025). Evaluasi penggunaan teknologi hidroponik dalam budidaya sayuran. *Jurnal Agroekoteknologi*, *1*(1), 22–28.

Oetarjo, A., Putra, R. D., & Kurniawan, F. (2024). Pengaruh penggunaan greenhouse terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. *Indonesian Journal of Control and Computing Development*, *4*(2), 89–96.

Pratiwi, D., et al. (2023). Seleksi media tanam efisien untuk sistem NFT pakcoy. *Jurnal Agroekotek, 15*(4), 201–210.

Puspitasari, A. D., & Azizah, N. (2017). Pengaruh jarak tanam dan dosis pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakchoy (Brassica rapa L. var. chinensis). *Jurnal Produksi Tanaman, 5*(8), 1275–1282.

Rafiqi, M., Sari, D. P., & Hidayat, T. (2024). Perbandingan pertumbuhan tanaman pakcoy di dalam dan di luar greenhouse. *Jurnal Pendidikan Tambusai, 8*(2), 11234–11241.

Rahman, F. (2022). Evaluasi media tanam dan mikroklimat terhadap hasil pakcoy hidroponik. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan, 22*(2), 134–145.

Ramadanu, A. P., Larasati, R. P., & Dewanti, A. N. (2025). Analisis usaha budidaya pakcoy (Brassica rapa) di Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. *Jurnal Agrimanex: Agribusiness, Rural Management, and Development Extension, 5*(2).

Sari, N. P. (2022). Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy pada sistem hidroponik. *Jurnal Agroteknologi, 6*(2), 55–62.

Santoso, A., & Widyawati, N. (2020). Pengaruh umur bibit terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy (Brassica rapa ssp. chinensis) pada hidroponik NFT. *Vegetalika, 9*(3), 464–473. https://doi.org/10.22146/veg.52570

Santoso, B. (2022). Respons fisiologis pakcoy terhadap variasi suhu dan kelembapan di greenhouse NFT. *Jurnal Agronomi Indonesia, 50*(1), 23–34.

Senjayani, N. L. P., Wijaya, I. M. A. S., & Sutrisna, I. K. (2024). Quality control of NFT hydroponic pakcoy (Brassica rapa L.). *Jurnal Pucuk, 4*(1), 137–146.

Syam, A. Z. (2020). Penampilan pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (Brassica rapa L.) pada berbagai jarak tanam dalam sistem hidroponik NFT. *Jurnal Agronida, 6*(1), 10–18.

Singgih, M., Prabawati, K., & Abdulloh, D. (2019). Bercocok tanam mudah dengan sistem hidroponik NFT. *Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen dan Mahasiswa, 3*(1).

Samarakoon, U. C., Weerasinghe, P. A., & Weerakkody, W. A. P. (2018). Effect of electrical conductivity (EC) of nutrient solution on growth and yield of leafy vegetables. *Journal of Agricultural Science, 10*(7), 45–52.

Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2019). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production. *Journal of Soil and Water Conservation, 17*(4), 364–371.

Tando, E. (2019). Pemanfaatan teknologi greenhouse dan hidroponik sebagai solusi menghadapi perubahan iklim dalam budidaya tanaman hortikultura. *Buana Sains, 19*(1), 91–102.

Widarso, W., Santoso, B., & Rahmawati, D. (2024). Implementasi sistem kontrol lingkungan pada greenhouse untuk budidaya hidroponik. *Journal of Applied Electrical Engineering, 8*(1), 23–30.

Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production* (7th ed.). CRC Press.