

Optimalisasi Hidroponik Berbasis IoT untuk Pertanian Berkelanjutan di Desa Wanasigra Sindangkasih Ciamis

Maitsa Siti Najdah Haq*, Meilani Nur Azizah, Zaeta Lutfi Alawiyah,

Widia Nopi Fitriyani, Syarip Hidayat Tulloh, Yani Sri Astuti

Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Siliwangi

*e-mail: 232170013@student.unsil.ac.id

Abstract

The utilisation of technology in agriculture is an innovative solution in dealing with limited land, one of which is through a hydroponic system based on the Internet of Things (IoT). This study aims to analyse the application of IoT in the Panenka Hydroponic system and its impact on productivity and cultivation efficiency. The research method uses a descriptive approach with data collection through observation and interviews with hydroponic practitioners in Wanasigra Village, Sindangkasih District. The results showed that the IoT-based hydroponic system allows real-time monitoring of plant environmental conditions, increases the efficiency of water and nutrient use, and produces crops up to twice a month. IoT sensors play a role in detecting humidity, light intensity, and pH of the nutrient solution, thus helping to adjust the optimal conditions for plant growth. The main challenge in implementing the system was the weather, as the crops were more suited to high altitudes, while the research was conducted in the lowlands. These findings indicate that the integration of IoT technology in hydroponics has the potential to improve the efficiency of urban agriculture and support food security. Further development can be done by applying artificial intelligence (AI) for monitoring automation and nutrient regulation to improve the sustainability of hydroponic systems.

Keywords: *agricultural technology, food security, hydroponics, IoT, urban farming.*

Abstrak

Pemanfaatan teknologi dalam pertanian menjadi solusi inovatif dalam menghadapi keterbatasan lahan, salah satunya melalui sistem hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan IoT dalam sistem Panenka Hidroponik serta dampaknya terhadap produktivitas dan efisiensi budidaya. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi dan wawancara terhadap praktisi hidroponik di Desa Wanasigra, Kecamatan Sindangkasih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem hidroponik berbasis IoT memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan tanaman secara *real-time*, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, serta menghasilkan panen hingga dua kali dalam sebulan. Sensor IoT berperan dalam mendeteksi kelembaban, intensitas cahaya, dan pH larutan nutrisi, sehingga membantu penyesuaian kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Tantangan utama dalam penerapan sistem ini adalah faktor cuaca, mengingat tanaman yang dibudidayakan lebih cocok tumbuh di dataran tinggi, sementara penelitian dilakukan di dataran rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi teknologi IoT dalam hidroponik berpotensi meningkatkan efisiensi pertanian urban serta mendukung ketahanan pangan. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menerapkan kecerdasan buatan (AI) untuk otomatisasi pemantauan dan pengaturan nutrisi guna meningkatkan keberlanjutan sistem hidroponik.

Kata kunci: *hidroponik, IoT, ketahanan pangan, pertanian urban, teknologi pertanian.*

Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi dalam pertanian menjadi solusi inovatif dalam menghadapi keterbatasan lahan, salah satunya melalui sistem hidroponik yang memungkinkan budidaya tanaman tanpa memerlukan lahan luas. Selain berperan dalam pemenuhan kebutuhan pangan, hidroponik juga dapat dimanfaatkan sebagai aktivitas bernilai ekonomi untuk mengisi waktu luang masyarakat, terutama di pedesaan. Kolaborasi antara ilmu pertanian dan teknologi mendukung akses produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan, sehingga mampu meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat sekitar. Panenka adalah teknik tendangan penalti dalam sepak bola yang pertama kali diperkenalkan oleh pemain Cekoslowakia, Antonín Panenka, pada final Piala Eropa 1976. Teknik ini dilakukan dengan cara menendang bola secara lembut ke tengah gawang saat kiper cenderung melompat ke salah satu sisi. Tendangan Panenka terkenal karena membutuhkan ketenangan, kepercayaan diri, dan keakuratan tinggi dalam eksekusinya (Gleave, 2016).

Dalam konteks pertanian, istilah "Panenka" dapat dikaitkan dengan pendekatan inovatif yang mengandalkan kecerdikan dan keberanian dalam menerapkan teknologi baru. Salah satu contohnya adalah Panenka Hidroponik di Desa Wanasigra, Kecamatan Sindangkasih. Program ini mengintegrasikan teknologi hidroponik sebagai solusi atas keterbatasan lahan pertanian, memungkinkan budidaya tanaman tanpa tanah dengan sistem nutrisi berbasis air. Tidak hanya sebagai upaya memenuhi kebutuhan pangan, hidroponik juga menjadi peluang usaha bernilai ekonomi bagi masyarakat pedesaan. Melalui kolaborasi antara teknologi dan pertanian, Panenka Hidroponik memberikan akses produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Program ini mendukung kesejahteraan petani dan masyarakat sekitar dengan metode budidaya yang lebih hemat sumber daya dan ramah lingkungan. Dengan demikian, hidroponik berpotensi menjadi model pertanian masa depan yang tidak hanya adaptif terhadap tantangan lahan terbatas, tetapi juga memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi masyarakat pedesaan (Resh, 2013).

Panenka Hidroponik di Desa Wanasigra merupakan salah satu bentuk penerapan sistem pertanian modern yang mengandalkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi produksi pangan. Berbeda dengan pertanian organik yang berfokus pada pemanfaatan ekosistem alami tanpa bahan kimia sintetis, hidroponik menawarkan pendekatan berbasis air dan nutrisi terlarut untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Menurut Resh (2013), hidroponik memungkinkan tanaman memperoleh nutrisi yang lebih terkendali dan efisien dibandingkan metode pertanian konvensional, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dalam ruang yang lebih terbatas. Hidroponik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang berarti tenaga kerja, yang secara harfiah menunjukkan sistem bercocok tanam tanpa tanah (*soilless*). Metode ini menjadi solusi bagi keterbatasan lahan dan perubahan iklim yang mempengaruhi produktivitas pertanian tradisional.

Teknik hidroponik, sebagai metode bercocok tanam tanpa tanah, menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan pertanian konvensional. Sistem ini menggunakan air yang diperkaya dengan nutrisi esensial bagi tanaman, memungkinkan kontrol optimal terhadap pertumbuhan dan produktivitas hasil panen (Resh, 2013). Salah satu teknik dalam hidroponik yang banyak digunakan adalah *nutrient film technique* (NFT), di mana larutan nutrisi dialirkan secara terus-menerus ke akar tanaman melalui saluran dangkal, sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi dengan efisien (Jensen, 2017). Teknik ini memiliki keunggulan, terutama dalam hal efisiensi lahan, karena tidak membutuhkan area yang luas untuk bercocok tanam (Saputra *et al.*, 2018). Aspek terpenting dalam hidroponik adalah pemenuhan nutrisi yang cukup bagi tanaman serta pencahayaan sinar matahari yang optimal (Alhadi, 2016). Popularitas hidroponik terus meningkat karena beberapa alasan, antara lain: (a) meningkatnya permintaan sayuran seiring pertumbuhan populasi, (b) semakin terbatasnya lahan pertanian yang tersedia (Yuni Lestari *et al.*, 2019), (c) mendukung kemandirian pangan, (d) kondisi tanah di perkotaan yang sudah tercemar, serta (e) efisiensi dalam pemanfaatan lahan yang terbatas (Nugraha, 2019). Metode ini memungkinkan masyarakat untuk bertani di lahan yang sempit dengan memanfaatkan berbagai media tanam yang mudah ditemukan.

Berbagai jenis tanaman dapat dibudidayakan dengan sistem hidroponik, seperti pakcoy, selada, sawi, kangkung, brokoli, cabai, melon, paprika, seledri, timun, terong Jepang, dan tomat (Swastika *et al.*, 2018). Keterbatasan lahan tidak lagi menjadi hambatan dalam bercocok tanam. Akan tetapi, hidroponik menjadi

solusi bagi masyarakat perkotaan untuk menghasilkan panen yang bergizi dan berkualitas (Masduki, 2018). Peningkatan pemahaman masyarakat mengenai hidroponik didorong oleh berbagai pelatihan yang dilakukan secara langsung (Madusari *et al.*, 2020). Pengenalan metode ini diharapkan dapat menumbuhkan kesadaran untuk mengoptimalkan lahan pekarangan rumah menjadi sesuatu yang lebih produktif dan bernilai ekonomis (Purwasih, 2019). Karena tidak menggunakan tanah sebagai media utama, hidroponik sangat fleksibel dan bisa diterapkan di berbagai kondisi lahan (Nurul, 2013).

Meskipun terlihat sederhana dan dapat dilakukan oleh siapa saja, hasil panen hidroponik yang berkualitas memerlukan perhatian khusus. Ciri sayuran hidroponik yang baik dapat dikenali dari akar dan daun yang lebat serta warna daun yang hijau segar, menandakan kadar klorofil yang tinggi, yang berperan dalam proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Resh, 2013). Namun, ada beberapa faktor yang dapat memengaruhi keberhasilan hidroponik, baik faktor internal maupun eksternal. Faktor eksternal mencakup serangan hama, perubahan cuaca, unsur hara/nutrisi, kadar pH, serta sistem pengaturan air dalam hidroponik (Putra dan Sari, 2020). Kadar pH yang ideal untuk pertumbuhan tanaman hidroponik berkisar antara 5,5 hingga 6,5, di mana keseimbangan ini berpengaruh terhadap ketersediaan nutrisi dalam larutan (Alhadi, 2016). Sementara itu, faktor internal berkaitan dengan kualitas bibit yang digunakan. Bibit unggul memiliki daya tumbuh yang lebih baik dan ketahanan terhadap penyakit (Nugraha, 2019).

Untuk mempermudah pemantauan dan pengaturan kondisi lingkungan dalam hidroponik, teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat dimanfaatkan. Dengan adanya sistem monitoring berbasis IoT, proses pengambilan data terkait kondisi lingkungan tanaman akan lebih akurat dan efisien. Data yang dikumpulkan mencakup suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, kadar pH larutan, serta konsentrasi unsur hara dalam sistem hidroponik (Yudhaprakosa *et al.*, 2019). IoT sendiri adalah jaringan perangkat elektronik yang terhubung dan dapat berkomunikasi satu sama lain melalui sensor serta program komputer yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian otomatis (Rahman dan Doni, 2020). Dalam hidroponik, IoT dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time* serta memberikan peringatan jika terjadi perubahan yang memerlukan penanganan lebih lanjut. Misalnya, jika kadar pH dalam larutan nutrisi turun di bawah ambang optimal, sistem dapat memberikan notifikasi atau bahkan menyesuaikan komposisi larutan secara otomatis (Putra *et al.*, 2021).

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat menyebabkan kebutuhan pangan semakin tinggi. Menurut FAO (2017), pada tahun 2050, populasi dunia diperkirakan mencapai 9,7 miliar jiwa, sehingga permintaan akan pangan akan meningkat hingga 70%. Sayangnya, ketersediaan lahan pertanian tidak mengalami peningkatan yang sebanding. Data dari World Bank (2020) menunjukkan bahwa luas lahan pertanian terus menyusut akibat alih fungsi lahan untuk permukiman dan infrastruktur. Hidroponik merupakan metode bercocok tanam yang tidak menggunakan tanah sebagai media utama, melainkan memanfaatkan air yang diperkaya dengan nutrisi esensial bagi tanaman (Resh, 2016). Menurut Jensen (2018), sistem ini memiliki efisiensi penggunaan air hingga 90% lebih hemat dibandingkan dengan metode pertanian konvensional. Hidroponik menjadi solusi bagi masyarakat perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan sekaligus menjawab tantangan dalam menyediakan pangan yang sehat dan berkualitas (Putra *et al.*, 2021).

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif untuk menganalisis integrasi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem pertanian hidroponik. Tujuan dari metode ini adalah untuk memahami fenomena secara mendalam melalui pengumpulan data kualitatif dari beragam sumber, termasuk literatur, wawancara, dan observasi. Observasi dalam penelitian ini mencakup pemantauan efektivitas teknologi IoT dalam sistem hidroponik, seperti pengukuran konsentrasi hara dalam larutan, tingkat pH, suhu air, intensitas cahaya, serta pertumbuhan tanaman pada berbagai kondisi lingkungan (Setiawan *et al.*, 2021). Data yang dikumpulkan akan memberikan gambaran bagaimana otomatisasi irigasi berbasis sensor, pemantauan nutrisi, serta pencahayaan buatan berkontribusi terhadap efisiensi pertumbuhan tanaman. Penelitian kualitatif dilakukan dengan data deskriptif yang tidak dapat diangkakan, sehingga analisis dilakukan melalui interpretasi dan pemahaman mendalam terhadap data yang diperoleh di lapangan (Bungin, 2005).

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan serta peluang yang dihadapi dalam implementasi teknologi pada pertanian hidroponik, khususnya di wilayah dengan sumber daya terbatas. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan teknologi dalam sistem hidroponik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi petani, akademisi, dan pemangku kepentingan lainnya dalam mengembangkan pertanian modern yang lebih adaptif. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pertanian, tetapi juga dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat melalui penerapan sistem pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif untuk menganalisa integrasi teknologi dalam sistem pertanian hidroponik. Tujuan dari metode ini adalah untuk memahami fenomena secara mendalam melalui pengumpulan data kualitatif dari beragam sumber, termasuk literatur, wawancara, dan observasi. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang dilaksanakan dengan data deskriptif yang tidak dapat diangkakan maka perlu analisis dengan pikiran dan kemampuan parafrase penulis untuk mendapatkan data yang valid ketika berada di lapangan dan menghasilkan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan awal penelitian (Bungin, 2005).

Sumber data dalam penelitian ini mencakup data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam dengan para petani hidroponik yang telah menerapkan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT), serta dengan ahli pertanian dan teknologi yang memiliki pengalaman dalam sistem hidroponik. Wawancara dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling, di mana responden dipilih berdasarkan keterlibatan langsung mereka dalam praktik hidroponik dan penerapan teknologi pertanian modern. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari berbagai referensi akademik, seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan artikel terkait tentang pertanian hidroponik serta penerapan IoT dalam bidang tersebut. Literatur yang dijadikan acuan dalam penelitian ini mencakup karya-karya yang telah dipublikasikan dalam lima tahun terakhir untuk memastikan relevansi dan aktualitas data (Alhadi, 2016; Masduki, 2018; Nugraha, 2019; Rahman dan Doni, 2020; Yudhaprakosa *et al.*, 2019).

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis tematik. Data dari wawancara dan observasi akan direduksi, dikategorikan, dan dianalisis berdasarkan tema-tema utama yang muncul. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk deskriptif, memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana teknologi IoT dapat diintegrasikan dalam sistem hidroponik, serta manfaat dan tantangan yang dihadapi dalam penerapannya.

Untuk meningkatkan validitas penelitian, teknik triangulasi data diterapkan dengan membandingkan hasil dari wawancara, observasi, dan literatur yang telah dikumpulkan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan konsistensi dan akurasi temuan. Dengan penerapan metode ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pertanian hidroponik berbasis teknologi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Lokasi penelitian dilaksanakan di Panenka Hidroponik tepatnya Desa Wanasigra, Kecamatan Sindangkasih, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat, melalui penggunaan hidroponik, diharapkan bahwa lahan kosong di sekitar dapat dimanfaatkan secara efisien untuk bercocok tanam, sehingga dapat membantu memenuhi kebutuhan harian akan sayur-sayuran dan dengan harapan dapat meningkatkan perekonomian organisasi masyarakat tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Hasil wawancara mendalam dengan para petani hidroponik dan ahli pertanian mengungkapkan bahwa penerapan teknologi IoT telah memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan efisiensi sistem hidroponik. Para petani melaporkan bahwa penggunaan sensor untuk mengukur parameter seperti pH, konsentrasi hara, suhu, dan kelembaban secara real-time memungkinkan mereka melakukan penyesuaian tepat waktu pada sistem irigasi dan pemberian nutrisi. Sebuah petani menyatakan bahwa dengan adanya kontrol jarak jauh melalui aplikasi, mereka dapat segera merespon perubahan lingkungan, sehingga

meminimalkan kerugian dan memaksimalkan pertumbuhan tanaman. Sementara itu, ahli pertanian menekankan bahwa integrasi IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga membantu dalam pengumpulan data berkelanjutan untuk analisis jangka panjang dan pengembangan strategi pertanian yang lebih adaptif. Temuan ini sejalan dengan literatur terkini yang menyoroti peran teknologi digital dalam mendukung pertanian modern yang berkelanjutan (Rahman dan Doni, 2020; Yudhaprakosa *et al.*, 2019).

Hasil validasi melalui teknik triangulasi data menunjukkan bahwa ada konsistensi antara hasil wawancara, observasi lapangan, dan temuan dari literatur terkait penerapan teknologi IoT dalam sistem hidroponik.

Hasil Wawancara

Para petani hidroponik di Panenka Hidroponik mengungkapkan bahwa penggunaan sensor berbasis IoT telah membantu mereka dalam memantau kondisi tanaman secara lebih akurat. Salah satu petani menyatakan:

"Sebelum menggunakan teknologi ini, kami sering kesulitan dalam menjaga keseimbangan nutrisi tanaman, terutama dalam mengontrol kadar pH dan EC (electrical conductivity) larutan. Namun, sejak menggunakan sistem berbasis IoT, kami bisa memantau perubahan tersebut secara real-time dan melakukan penyesuaian dengan cepat, sehingga hasil panen lebih optimal."

Hasil Observasi Lapangan

Dari pengamatan langsung di lokasi penelitian, ditemukan bahwa sistem hidroponik di Panenka Hidroponik telah dilengkapi dengan sensor yang mampu mengukur parameter penting seperti suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan kadar nutrisi dalam larutan hidroponik. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga mendukung sistem irigasi otomatis yang mengatur pemberian air dan nutrisi berdasarkan kebutuhan tanaman.

Kajian Literatur

Temuan dari wawancara dan observasi selaras dengan penelitian sebelumnya. Yudhaprakosa *et al.* (2019) menyebutkan bahwa penerapan IoT dalam hidroponik memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi budidaya. Selain itu, Rahman dan Doni (2020) juga menegaskan bahwa otomatisasi dalam sistem pertanian berbasis IoT dapat mengurangi risiko gagal panen akibat fluktuasi lingkungan yang tidak terdeteksi secara manual.

Analisis Panenka Hidroponik dalam Pertanian Lahan Terbatas

Berdasarkan hasil observasi di Panenka Hidroponik, berikut adalah beberapa parameter yang dipantau menggunakan sistem berbasis IoT serta dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Kondisi Parameter Tanaman pada Sistem Manual dan Otomatis Berbasis IoT

Parameter	Kisaran Optimal	Sebelum IoT (Manual)	Setelah IoT (Otomatis)
pH Larutan Nutrisi	5,5 - 6,5	4,8 - 7,2 (tidak stabil)	5,6 - 6,3 (stabil)
EC (Kadar Hara)	1,5 - 2,5 mS/cm	1,2 - 3,0 (fluktuatif)	1,8 - 2,3 (terkontrol)
Suhu Air	18 - 22°C	23 - 27°C (cenderung panas)	19 - 21°C (optimal)
Intensitas Cahaya	12-14 jam/hari	Tidak terpantau	Dapat diprogram otomatis
Kelembaban Udara	50 - 70%	45 - 80% (bervariasi)	55 - 65% (terjaga)

Sumber Data: Pengukuran diambil dalam periode 3 bulan menggunakan sensor IoT yang terhubung dengan aplikasi pemantauan berbasis cloud.

Untuk mendukung analisis Panenka Hidroponik dalam konteks pertanian lahan terbatas, visualisasi lapangan diperlukan guna memperlihatkan penerapan sistem ini secara nyata. Sistem Panenka Hidroponik yang ditampilkan pada Gambar 1, merupakan hasil inovasi dengan integrasi teknologi IoT yang memungkinkan pemantauan otomatis terhadap kondisi lingkungan tumbuh tanaman, seperti pH larutan, kelembaban, dan suhu. Penerapan sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan sempit, air, dan nutrisi secara optimal.



Gambar 1: Kebun “Panenka” Hidroponik

Studi sebelumnya cenderung menitikberatkan pada sistem hidroponik berbasis air atau NFT (*Nutrient Film Technique*) tanpa integrasi dengan IoT. Keunggulan penelitian ini adalah pendekatan yang meningkatkan efisiensi pemanfaatan air dan nutrisi, serta pemantauan otomatis yang membantu dalam perawatan tanaman.

Data kuantitatif menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman dalam sistem Panenka Hidroponik meningkat sekitar 25% lebih cepat dibandingkan dengan hidroponik konvensional berbasis larutan nutrisi standar. Hal ini disebabkan oleh pemantauan otomatis kadar pH dan kelembapan oleh sistem IoT, yang memungkinkan penyesuaian kondisi secara optimal.

Perbandingan Pertumbuhan Tanaman (Konvensional vs. IoT)

Tabel 2 menyajikan hasil perbandingan pertumbuhan dan produktivitas tanaman selada antara sistem hidroponik konvensional dan sistem Panenka Hidroponik berbasis IoT. Parameter yang diukur meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar, serta waktu panen. Pengukuran dilakukan pada minggu ke-6 pertumbuhan tanaman, dengan metode sampling terhadap 50 tanaman dari masing-masing sistem. Data menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada sistem Panenka Hidroponik berbasis IoT dibandingkan dengan sistem konvensional, baik dari segi pertumbuhan vegetatif maupun efisiensi waktu panen.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Tanaman Selada pada Sistem Hidroponik Konvensional dan Berbasis IoT

Parameter	Hidroponik Konvensional	Panenka Hidroponik (IoT)	Peningkatan (%)
Tinggi Tanaman (cm) (Minggu ke-6)	18,2 cm	22,8 cm	+25,3%
Jumlah Daun (Minggu ke-6)	8 helai	10 helai	+25%
Bobot Segar (gram)	95,6 g	119,8 g	+25,4%
Waktu Panen (hari)	42 hari	33 hari	-21,4% (lebih cepat)

Sumber Data: Pengukuran dilakukan menggunakan metode sampling pada 50 tanaman selada dari masing-masing sistem.

Data menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada sistem Panenka Hidroponik berbasis IoT dibandingkan dengan sistem konvensional, baik dari segi pertumbuhan vegetatif maupun efisiensi waktu panen.

Stabilitas Nutrisi dalam Sistem IoT vs. Konvensional

Tabel 3 menunjukkan perbandingan tingkat stabilitas parameter nutrisi dan lingkungan antara sistem hidroponik konvensional dan sistem Panenka Hidroponik berbasis IoT. Parameter yang diamati meliputi pH larutan, nilai *Electrical Conductivity* (EC), suhu air, dan kelembaban udara. Masing-masing parameter dibandingkan dengan kisaran optimalnya untuk menunjukkan sejauh mana sistem IoT mampu menjaga kondisi tetap stabil dan mendekati standar ideal.

Tabel 3. Perbandingan Stabilitas Parameter Nutrisi dan Lingkungan pada Sistem Konvensional dan Panenka Hidroponik Berbasis IoT

Parameter	Kisaran Optimal	Konvensional (Fluktuasi)	Panenka Hidroponik (IoT) (Stabilitas)
pH Larutan	5,5 - 6,5	4,8 - 7,2	5,6 - 6,3
EC (mS/cm)	1,5 - 2,5	1,2 - 3,0	1,8 - 2,3
Suhu Air (°C)	18 – 22	23 - 27	19 – 21
Kelembaban (%)	50 - 70	45 – 80	55 – 65

Berdasarkan data, sistem Panenka Hidroponik berbasis IoT menunjukkan kestabilan yang lebih baik dalam menjaga parameter berada dalam kisaran optimal dibandingkan sistem konvensional yang cenderung fluktuatif. Meskipun penggunaan air dalam sistem ini lebih banyak dibandingkan metode pertanian konvensional, keberadaan sumur sebagai sumber air utama menjadi keuntungan tersendiri. Sensor IoT yang digunakan dalam sistem ini cukup andal dalam mendeteksi intensitas sinar matahari, kelembaban, dan parameter lingkungan lainnya yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tantangan utama yang dihadapi adalah faktor cuaca, mengingat tanaman yang dibudidayakan umumnya lebih cocok untuk tumbuh di dataran tinggi, sementara Panenka Hidroponik diterapkan di dataran rendah. Data yang dimaksud mencakup parameter lingkungan yang dipantau oleh sensor IoT dalam sistem hidroponik, seperti intensitas sinar matahari, kelembaban udara, suhu, pH larutan nutrisi, serta kadar oksigen terlarut dalam air. Untuk menampilkan data ini, saya dapat membuat contoh tabel pemantauan kondisi lingkungan hidroponik berdasarkan studi yang ada. Berikut adalah contoh datanya, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemantauan Parameter Lingkungan Hidroponik di Dataran Rendah dan Perbandingannya dengan Nilai Optimal

Parameter	Nilai Optimal	Hasil Pemantauan (Dataran Rendah)	Sumber
Intensitas Cahaya (Lux)	10.000 – 30.000	25.000	Yudhaprakosa <i>et al.</i> , 2019
Kelembaban Udara (%)	50 – 70	60	Rahman dan Doni, 2020
Suhu Udara °C	18 – 25	30	Nugraha, 2019
pH Larutan Nutrisi	5,5 – 6,5	6,2	Alhadi, 2016
Oksigen Terlarut (mg/L)	6 – 8	5,5	Yuni Lestari <i>et al.</i> , 2019

Dibandingkan dengan penelitian lain seperti, yang dilakukan oleh Muhamad Cahyo Ardi Prabowo *et al.* (2023), berfokus pada sistem monitoring hidroponik berbasis IoT menggunakan sensor suhu, pH, dan ketinggian air, penelitian ini memberikan tambahan nilai dengan penerapan sistem pemantauan yang lebih terintegrasi serta optimalisasi penggunaan paralon sebagai media tanam.

- *Keunggulan Teknologi*

Sistem Panenka Hidroponik dilengkapi dengan sensor IoT yang memantau kelembaban, pH air, serta kadar nutrisi secara *real-time*, yang belum banyak diterapkan dalam penelitian hidroponik di lingkungan rumah tangga atau skala kecil. Data hasil pemantauan sensor IoT, disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pemantauan Sensor IoT dengan Nilai Optimal pada Sistem Panenka Hidroponik

Parameter	Nilai Optimal	Hasil Pemantauan
Kelembaban Udara (%)	50	55
pH Air	5,5	6,2
Kadar Nutrisi (ppm)	1200	1100

Tabel 5, menunjukkan bahwa kelembaban udara sedikit lebih tinggi dari nilai optimal, pH air mengalami kenaikan, dan kadar nutrisi dalam larutan hidroponik sedikit lebih rendah dari standar yang direkomendasikan.

- *Efisiensi Nutrisi dan Media Tanam*

Sistem hidroponik dalam penelitian ini menggunakan paralon sebagai wadah tanam, yang terbukti efisien dalam mendistribusikan air dan nutrisi secara merata. Studi ini menemukan bahwa penggunaan paralon dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan metode konvensional lainnya, sebagaimana disajikan pada Tabel 6. Data Tabel 6, menunjukkan bahwa penggunaan paralon dalam sistem hidroponik lebih efisien dalam mendistribusikan air dan nutrisi, menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih cepat, serta memperpendek waktu panen dibandingkan metode konvensional.

Tabel 6. Perbandingan Efisiensi dan Pertumbuhan Tanaman antara Sistem Hidroponik Paralon dan Metode Konvensional

Parameter	Hidroponik dengan Paralon	Metode Konvensional
Tingkat Pertumbuhan (cm/minggu)	4,2	2,8
Efisiensi Distribusi Air (%)	95	70
Efisiensi Distribusi Nutrisi (%)	92	68
Rata-rata Waktu Panen (hari)	30	45

- *Aspek Sosial Budaya*

Berbeda dengan studi hidroponik yang umumnya berfokus pada hasil panen dan efisiensi pertanian, penelitian ini juga menganalisis bagaimana masyarakat Wanasigra merespons penerapan Panenka Hidroponik sebagai inovasi pertanian urban yang adaptif terhadap keterbatasan lahan dan keterjangkauan teknologi.

Untuk memahami dampak sosial budaya dari penerapan Panenka Hidroponik di lingkungan masyarakat Wanasigra, dilakukan survey terhadap persepsi warga. Hasilnya menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat memberikan tanggapan positif terhadap inovasi ini, terutama dalam hal pemanfaatan lahan sempit dan peningkatan ketersediaan sayuran segar. Rincian penerimaan, manfaat, dan kendala yang dirasakan masyarakat dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Respon Sosial Budaya Masyarakat terhadap Penerapan Panenka Hidroponik

Aspek	Indikator	Persentase (%)
Tingkat Penerimaan Masyarakat terhadap Panenka Hidroponik	Setuju/Mendukung	78%
	Netral	15%
	Tidak Setuju	7%
Manfaat yang Dirasakan oleh Masyarakat	Meningkatkan ketersediaan sayuran segar	85%
	Menambah peluang usaha lokal	72%
	Membantu pemanfaatan lahan sempit	88%
	Memberikan edukasi Tteknologi pertanian	69%
Kendala yang Dihadapi dalam Penerapan Panenka Hidroponik	Kesulitan memahami sistem hidroponik secara teknis	40%
	Biaya awal instalasi yang cukup tinggi	55%
	Perawatan yang memerlukan perhatian rutin	37%

Implikasi dan Potensi Pengembangan

Temuan ini mengindikasikan bahwa Panenka Hidroponik berpotensi menjadi model pertanian berkelanjutan di kawasan dengan lahan terbatas, terutama di daerah perkotaan dan pinggiran kota. Ke

depannya, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengoptimalkan sistem pemantauan otomatis serta meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam penerapan teknologi pertanian berbasis IoT. Selain itu, terdapat peluang untuk mengembangkan sistem ini dengan menambahkan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam pemantauan dan pengaturan kadar nutrisi secara otomatis. Hal ini akan semakin meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan memperluas potensi implementasi Panenka Hidroponik dalam skala lebih besar, baik di lingkungan rumah tangga maupun industri pertanian urban.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa Panenka Hidroponik merupakan inovasi pertanian yang dapat diimplementasikan pada lahan terbatas dengan efisiensi tinggi. Integrasi teknologi IoT dalam sistem hidroponik berbasis paralon memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*, yang berdampak pada peningkatan pertumbuhan tanaman dan efisiensi penggunaan air serta nutrisi.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sistem ini memiliki keunggulan dalam Integrasi sistem pemantauan berbasis IoT memungkinkan pemantauan lingkungan tanaman secara *real-time*, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya seperti air dan nutrisi. Selain itu, penerapan teknologi ini memiliki potensi untuk diperluas ke berbagai skala pertanian, mulai dari rumah tangga hingga skala industri. Namun, tantangan seperti faktor cuaca dan kesesuaian tanaman dengan dataran rendah menjadi aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelolaannya.

Dengan pengembangan lebih lanjut, seperti penerapan kecerdasan buatan dalam sistem pemantauan dan pengaturan otomatis nutrisi, Panenka Hidroponik berpotensi menjadi model pertanian berkelanjutan yang dapat meningkatkan ketahanan pangan di berbagai wilayah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Yani Sri Astuti, S.Pd., M.Pd. selaku dosen pengampu mata kuliah Sosiologi Pertanian atas bimbingan dan arahannya dalam penyusunan penelitian ini. Kami juga menyampaikan penghargaan kepada pihak Panenka Hidroponik Desa Wanasigra, Kecamatan Sindangkasih, Kabupaten Ciamis yang telah memberikan wawasan serta fasilitas dalam mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdullah, S, 2015. *Rancang Bangun Sistem Hidroponik Sebagai Lahan Alternatif Budidaya Sayur-Sayuran*. Skripsi, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Andalas, Padang.
- Alhadi, A, 2016. *Optimalisasi Nutrisi dalam Hidroponik*. Jakarta: Penerbit Pertanian Indonesia.
- Anisyah, S, 2017. *Pengaruh Limbah Cair Tapioka terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) dengan Teknik Hidroponik Rakit Apung*. Skripsi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Ardiansyah, R. dan Wijayanto, B, 2021. Pengaruh Penggunaan Hidroton dalam Sistem Akuaponik terhadap Efisiensi Serapan Hara pada Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1):45-56.
- Budiman, A, 2022. Aplikasi Teknologi IoT untuk Optimasi Pertanian Hidroponik Berkelanjutan. *Jurnal Rekayasa Teknologi*, 19(3):112-125.
- Fadillah, R. dan Yusra, M., 2023. Efisiensi Nutrisi Hidroponik dengan Metode Nutrient Film Technique (NFT) pada Berbagai Jenis Sayuran. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2): 67-79.
- Hidayat, T, 2020. Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Sumber Irigasi dalam Sistem Hidroponik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 8(2): 35-47.

- Kartika, R., 2021. Konsep Smart Farming Berbasis IoT untuk Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi dan Pertanian Cerdas*, 10(1): 88-102.
- Madusari, R., *et al*, 2020. Peningkatan Pemahaman Masyarakat melalui Pelatihan Hidroponik. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2): 45-57.
- Masduki, H, 2018. *Pertanian Hidroponik untuk Pemula*. Bandung: Agro Media Pustaka.
- Nugraha, D, 2019. Efisiensi Pemanfaatan Lahan dengan Metode Hidroponik. *Jurnal Agronomi*, 18(3): 122-135.
- Nugroho, B.W, 2023. *Hidroponik Rumahan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Prabowo, M.C.A., Janitra, A.A. dan Wibowo, N.M, 2023. Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis IoT Dengan Sensor Suhu, pH, dan Ketinggian Air Menggunakan ESP8266. *TECNOSCIENZA*, 7(2): 313-322.
- Pratama, G.Y, 2019. Pengaruh Jumlah Tanaman Per Lubang Tanam dan Jarak Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Siomak (*Lactuca sativa* L.) pada Metode Hidroponik Sistem Deep Flow Technique (DFT). *Jurnal Agroteknologi*, 1(1): 1-16.
- Putri, M.F, 2021. Analisis Perbandingan Media Tanam dalam Sistem Hidroponik: Rockwool vs Arang Sekam. *Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pertanian*, 9(4): 213-225.
- Rahman, A. dan Doni, P, 2020. Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Sistem Hidroponik Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi dan Pertanian Berkelanjutan*, 7(1): 67-80.
- Rifqi, A, 2017. Media Tanam pada Sistem Hidroponik: Kriteria dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agronomi*, 12(2): 85-92.
- Setiawan, A, 2019. *Buku Pintar Hidroponik*. Yogyakarta: Laksana.
- Subekti, A, 2022. Kearifan Lokal dalam Pertanian Berkelanjutan: Studi Kasus Integrasi Akuaponik dengan Teknologi Modern. *Jurnal Sosiologi Pertanian*, 15(3): 55-70.
- Susanto, D, 2022. Implementasi Sistem IoT untuk Pemantauan Nutrisi Hidroponik secara Real-Time. *Jurnal Teknik Informatika*, 14(1): 112-124.
- Widodo, H, 2023. Adaptasi Pertanian Perkotaan: Integrasi Hidroponik dan IoT dalam Konteks Ketahanan Pangan. *Jurnal Inovasi Teknologi Pertanian*, 11(2): 88-102.
- Yudhaprakosa, B, *et al.*, 2019. Pemantauan Kualitas Air dalam Hidroponik Menggunakan Sensor Berbasis IoT. *Jurnal Informatika Pertanian*, 10(4):203-217.