

## Sistem Pengendali Lingkungan Pertanian Dengan Wireless Sensor Network Untuk Mengoptimalkan Budidaya Hidroponik

Fauzan Prasetyo Eka Putra<sup>1\*</sup>, Fauzan<sup>2</sup>, Syirofi<sup>3</sup>, Moh.Mursidi<sup>4</sup>, Durrohman Wahid<sup>5</sup>, Alief Nuraini<sup>6</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Madura, Jawa Timur, Indonesia.

[prasetyo@unira.ac.id](mailto:prasetyo@unira.ac.id)<sup>1</sup>, [fauzanh092@gmail.com](mailto:fauzanh092@gmail.com)<sup>2</sup>, [achmadsyirofi69@gmail.com](mailto:achmadsyirofi69@gmail.com)<sup>3</sup>, [rendyshago402@gmail.com](mailto:rendyshago402@gmail.com)<sup>4</sup>, [abdrahmanw57@gmail.com](mailto:abdrahmanw57@gmail.com)<sup>5</sup>, [aliefnuraini1@gmail.com](mailto:aliefnuraini1@gmail.com)<sup>6</sup>



### Histori Artikel:

Diajukan: 16 Januari 2024

Disetujui: 30 Januari 2024

Dipublikasi: 31 Januari 2024

### Kata Kunci:

*Sistem Pengendali;*

*Lingkungan Pertanian;*

*Wireless Sensor Network;*

*Hidroponik; Teknologi IoT*

*Digital Transformation*

*Technology (Digitech) is an*

*Creative Commons License This work is licensed under a*

*Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0*

*International (CC BY-NC 4.0).*

### Abstrak

Sistem pengendali lingkungan pertanian berbasis jaringan sensor nirkabel (WSN) merupakan inovasi penting untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan budidaya hidroponik. Dengan kemampuan pengumpulan dan analisis data lingkungan secara real-time, sistem ini memberikan solusi canggih untuk memantau dan mengendalikan kondisi pertanian secara lebih efektif. Keunggulan ini memungkinkan kontrol otomatis terhadap parameter pertanian seperti suhu, kelembapan, tingkat nutrisi, dan faktor lingkungan lainnya. Hal ini memungkinkan sistem merespon perubahan lingkungan dengan cepat dan mengoptimalkan kondisi pertanian untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman hidroponik. Teknologi WSN yang digunakan dalam sistem ini berperan penting dalam mengurangi respon tertunda terhadap perubahan lingkungan. Sensor yang ditempatkan di seluruh area budidaya hidroponik terus mengumpulkan data, memastikan selalu mendapatkan informasi terkini. Antarmuka pengguna grafis sistem yang intuitif memfasilitasi penggunaan jarak jauh, memungkinkan petani memantau dan mengendalikan kondisi pertanian tanpa harus berada di lokasi. Selain itu, dengan penggunaan teknologi WSN mengurangi konsumsi sumber daya, yang menjadikan sistem ini sebagai solusi yang efisien dan berkelanjutan dalam budidaya pertanian. Sistem pengendalian lingkungan pertanian berbasis WSN ini tidak hanya fokus pada peningkatan efisiensi tetapi juga berkontribusi terhadap pertanian berkelanjutan dengan mengoptimalkan budidaya hidroponik. Keberlanjutan ini dicapai melalui penggunaan teknologi untuk mencapai efisiensi maksimum dalam penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di sektor pertanian semakin pesat dari tahun ke tahun, sehingga pihak yang lamban dalam memanfaatkan kemajuan teknologi, khususnya petani, tidak akan mampu memperoleh manfaat maksimal dari kegiatan usahanya. Pertanian adalah salah satu sektor penting untuk menunjang kehidupan dan kesejahteraan masyarakat Indonesia. (Helmy et al., 2018) Salah satu teknologi yang patut disebarluaskan adalah teknologi hidroponik. Hal ini disebabkan karena lahan pertanian semakin langka akibat meningkatnya sektor industri dan jasa, serta melonjaknya harga tanah sehingga menurunkan daya saing kegiatan usaha pertanian tradisional. (Y. A. Putra et al., 2019) Hidroponik atau disebut hydroponic dalam bahasa Inggris, berasal dari kata Yunani hydro yang berarti air dan ponos (kekuatan). (Yudhaprakosa et al., 2019) Sederhananya, hidroponik merupakan budidaya pertanian yang tidak menggunakan tanah. Dengan kata lain, hidroponik merupakan kegiatan pertanian yang menggunakan media air sebagai pengganti tanah. (Y. A. Putra et al., 2019) Air yang digunakan bukan air biasa, melainkan air kaya dengan nutrisi. Karena nutrisi tersebut akan disirkulasikan sehingga penggunaan air dalam hidroponik menjadi lebih efisien. (Ronaldo et al., 2020) Salah satu keuntungan dari sistem hidroponik ini adalah ditanam secara organik dan memungkinkan produksi yang lebih sehat, budidaya hidroponik dapat dilakukan bahkan di daerah perkotaan yang padat penduduknya. (Khairad & Nur, 2022) Kelebihan yang diperoleh dari budidaya hidroponik adalah dapat dilakukan sepanjang waktu tidak tergantung musim. Jenis komoditas yang ditanam juga tidak terbatas pada tanaman tertentu saja. (Mulasari, 2019) pada intinya, hidroponik cara menanamnya di luar habitat aslinya yang bercocok tanam menggunakan pot atau wadah lain yang menggunakan air atau bahan porous lainnya seperti kapas, pasir, kerikil maupun pecahan genting. (Makruf et al., 2019) namun dengan merekayasa kondisi lingkungan, seperti media tanam yang diganti air namun diberi nutrisi. Sehingga penyesuaian kondisi lingkungan seperti kepekatan nutrisi, tingkat keasaman dan suhu air menjadi sangat penting bagi tanaman agar dapat tumbuh secara optimal. Hal lain yang diperhatikan dalam menanam secara hidroponik yaitu penyiraman tanaman secara teratur agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Pemelihara tanaman dibutuhkan waktu yang tepat untuk pemberian nutrisi agar tanaman tersebut tumbuh sehat dan baik, akan tetapi

hal tersebut sulit untuk dikerjakan dikarenakan kesibukan dari masyarakat yang berbeda-beda,(Rahman et al., 2023) salah satu kelemahannya yaitu perawatan tanaman yang sesuai jadwal dan itu merupakan kendala disaat masyarakat sibuk atau bekerja. Ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam budidaya hidroponik salah satunya NFT (Nutrient Film Technique). Dalam NFT, tinggi air dalam talang sangat sedikit dan tidak ada air yang mengendap dalam talang. NFT dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan meminimalisir peluang tanaman membusuk.(Hartono et al., 2022)

Pengembangan teknologi merupakan cara yang ideal untuk meningkatkan kualitas dan mutu. Teknologi yang sedang populer dibahas saat ini adalah jaringan wireless sensor network.(Haidar et al., 2021) Adapun Wireless Sensor Network (WSN) dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai Jaringan Sensor Nirkabel. WSN atau Jaringan Sensor Nirkabel merupakan jenis jaringan yang terdiri dari banyak perangkat kecil yang disebut node sensor. Node sensor ini ditempatkan secara strategis di area yang ditentukan untuk mengumpulkan dan mengirimkan data.(Prasetyo Eka Putra, 2023)

Kultur tanaman dalam lingkungan yang dikontrol secara hidroponik menjadi semakin populer karena menawarkan solusi inovatif untuk menanam tomat tanpa menggunakan media tradisional. Metode ini tidak hanya efisien, tetapi juga memungkinkan tanaman untuk tumbuh di lingkungan yang diatur.(Y. A. Putra et al., 2019) Namun, aspek terpenting dari berkebun hidroponik adalah penyiraman, yang membutuhkan waktu dan konsistensi yang konsisten.(Yudhaprakosa et al., 2019)

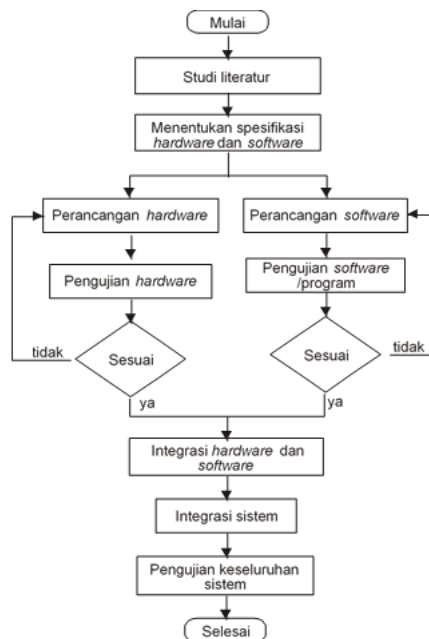
Penelitian ini akan merujuk pada perawatan tanaman yang dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja yang tidak menyita banyak waktu, jadi kita tetap dapat menjalankan pekerjaan yang lebih penting dan tanaman tetap sehat dan baik. Oleh karena itu dirancang perangkat alternatif untuk memudahkan pemilik dalam memonitor tanaman hidroponik dari jarak jauh dengan memanfaatkan Wireless sensor Network (WSN).

**STUDI LITERATUR**

Dalam upaya untuk mengatasi kendala ini, berbagai kemajuan telah muncul, seperti penggunaan Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) untuk memantau dan mengontrol tanaman hidroponik secara efisien.(Keputusan Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Ristek Dikti et al., 2017) WSN, atau Jaringan Sensor Nirkabel, memanfaatkan sejumlah node sensor yang ditempatkan di seluruh rumah untuk mengumpulkan dan mengirimkan data.(Silvia et al., 2020)(Bilung, 2022) Memanfaatkan WSN dalam budidaya tomat hidroponik menciptakan peluang untuk meningkatkan efisiensi hasil panen.(Tarmidi, Taqwa & Silvia Handayani, 2019) WSN pada umumnya diimplementasikan untuk komunikasi data skala kecil yang digunakan untuk mengirim data hasil deteksi sensor untuk diolah kembali.(Makruf et al., 2019)

**METODE**

Pada penelitian ini ada dua poin penting yang akan digunakan dan merupakan metode deskriptif, padabagian ini kami melakukan analisa pada beberapa artikel dan jurnal yg relevan dan fokus pada penelitian tentang pemantauan dan analisis nutrisi menggunakan pendekatan terotomatisasi berdasarkan Wireless Sensor Network (WSN) dan budidaya hidroponik untuk menciptakan sistem sensor network dan hidroponik yg dapat di kendalikan. Kami berfokus pada analisis pada jurnal yang relevan selama 5 tahun terakhir.



Gambar 1. Diagram air

Pada gambar 1 terdapat diagram air yang merupakan tahapan pelaksana program. Namun pada tahap ini, peneliti mencari referensi yang diharapkan cukup relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Beberapa pilihannya adalah paper, jurnal, buku, dan tesis. Aturan ini digunakan untuk mencari teknologi yang lebih maju dan berkembang pesat sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut. Untuk perangkat keras, komponen dirancang menjadi perangkat berdasarkan hasil penelitian, sedangkan perangkat lunak digunakan untuk perancangan sistem (disebut juga dengan bahasa pemrograman) pada perangkat keras dan sistem basis data yang digunakan. (Benny Chaniago & Wibowo, 2019) Langkah selanjutnya adalah melakukan perubahan pada sistem yang sudah dibangun, yang meliputi perangkat keras (WSN, access point) dan perangkat lunak (aplikasi, database, informasi). (Silvia et al., 2020)

## HASIL

- **Pemilihan Node Sensor yang Tepat**

Implementasi dimulai dengan pemilihan node sensor yang sesuai. Sensor apa pun yang digunakan harus dapat menyesuaikan parameter penting seperti kadar air, pH nutrisi, kelembapan, intensitas cahaya, dan sebagainya. Sensitivitas sensor ini sangat penting untuk mendapatkan data berkualitas tinggi untuk menentukan putusan yang ideal.

- **Pemasangan Node Sensor pada Lokasi yang Strategis**

Setelah pemasangan sensor, langkah selanjutnya adalah menempatkan node sensor secara strategis di area hidroponik. Pemantauan yang efektif akan memastikan bahwa setiap bagian tanaman dari lingkungan sekitar dapat digunakan secara efektif dan memberikan informasi yang komprehensif tentang kondisi tanaman.

- **Pengaturan Jaringan Nirkabel**

Node sensor yang tidak terputus akan digunakan untuk membangun jaringan nirkabel yang akan digunakan untuk mentransfer data. Pada titik ini, penting untuk memperhatikan stabilitas dan manajemen jaringan sehingga data dapat ditransfer secara konsisten. Sistem juga harus diperkuat dengan langkah-langkah keamanan untuk mencegah degradasi sinyal.

- **Integrasi Sistem Pengendalian Otomatis**

Data yang dikumpulkan dari node sensor kemudian diintegrasikan ke dalam sistem pengumpulan data otomatis. Sistem ini dapat merespons secara diam-diam terhadap perubahan lingkungan yang terdeteksi oleh sensor. Sebagai contoh, sistem irigasi dapat secara otomatis disesuaikan berdasarkan level tanah atau penambahan nutrisi tergantung pada nilai pH yang disesuaikan.

- **Pemantauan Real-Time**

Melalui panduan pengguna yang disediakan, staf pemeliharaan atau perbaikan dapat memantau keadaan ekosistem pertanian secara real time. Aplikasi ponsel cerdas atau platform online dapat memberikan informasi yang akurat dan terkini tentang status tanaman. Hal ini memungkinkan untuk menulis tanggapan yang ringkas dan responsif.

- **Optimasi dan Penyesuaian Sistem**

Selama pengoperasian, sistem harus selalu dioptimalkan dan disesuaikan. Analisis data historis dapat memberikan wawasan tentang pemicu pertumbuhan tanaman, sehingga petani dapat merumuskan rencana strategis untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

### **Pelatihan dan Pemeliharaan**

Penerapan sistem ini juga memerlukan pelatihan bagi operator atau manajer sistem untuk memastikan pengoperasian dan pemeliharaan sistem yang tepat. Pemeliharaan rutin juga diperlukan untuk memastikan kinerja yang optimal dan memperluas kemampuan node sensor dan perangkat terkait lainnya.

Implementasi ini dilakukan dengan menghubungkan semua subsistem yang telah dibuat sebelumnya satu sama lain, sehingga menghasilkan sistem kontrol yang kompleks. Setelah menghubungkan subsistem dan membuat sistem kontrol yang kompleks, sistem tersebut kemudian dihubungkan ke kebun hidroponik, yang pada akhirnya digunakan untuk memonitor pertumbuhan hidroponik, meminimalkan gangguan sensor-sensor di area hidroponik. Node sensor terhubung melalui jaringan nirkabel untuk mengelola dan mengirim data ke unit kontrol.



**Gambar 2.** Implementasi Penyiraman Otomatis

Pengelolaan dan pengendalian lingkungan tanaman hidroponik secara efisien dilengkapi dengan sistem otomatis yang merespons data sensor. (Bilung, 2022) Dengan demikian, tujuan dari implementasi ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian hidroponik dengan menggunakan jaringan sensor nirkabel (WSN).

Gambar 3 mengilustrasikan implementasi yang dilakukan pada tanaman hidroponik, dengan nomor yang ditunjukkan pada diagram sebagai berikut :

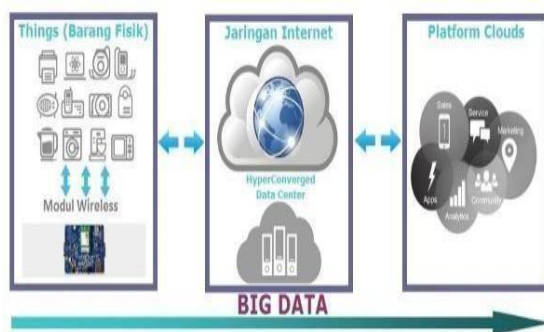
1. Tanaman menggunakan plastik pembungkus dan ditempatkan di dalam arang sekam.
2. Pipa air yang dijadikan jalur air
3. Tangki air
4. Pompa air dengan poros panjang yang menyehatkan pipa
5. Saklar pompa air yang terhubung ke relay mikrokontroler.
6. Penyiraman alat secara otomatis.
7. kabel LAN dan kabel power supply.

## PEMBAHASAN

### Wireless Server Network (WSN)

Sensor node nirkabel (WSN) terdiri dari multian komunikasi node khusus dengan penginderaan dan kemampuan komputerisasi. (Utamy et al., 2023) Parametrik yaitu mengirimkan data yang ditujukan ke lokasi pusat dengan using teknologi nirkabel komunikasi. (Benny Chaniago & Wibowo, 2019) WSN adalah jaringan sensor yang terdiri dari beberapa node komunikasi yang dirancang khusus untuk aplikasi komputer dan telemetri. (Hariyadi et al., 2021) Secara parametrik, WSN mentransfer data secara diam-diam dan cepat ke lokasi tujuan melalui teknologi komunikasi yang gesit, sehingga memungkinkan pengelolaan dan pengambilan data yang efisien dan efektif. (Chaniago, 2019)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep yang berkaitan dengan penggunaan sensor dan aktuator pada mesin dan objek fisik lainnya untuk mengumpulkan data yang dikumpulkan oleh perangkat-perangkat tersebut. (Fahmi et al., 2019) IoT beroperasi dengan memanfaatkan argumen pemrograman yang dihasilkan dari setiap pembacaan sensor, menghasilkan interaksi otomatis antara dua mesin yang terhubung tanpa campur tangan manusia dan pada jarak berapa pun (Setiawan et al., 2018).



Gambar 3. Elemen utama IoT

Hadirnya teknologi Internet of Things (IoT), setiap objek dapat diidentifikasi secara unik dengan menggunakan sensor dan koneksi real-time ke internet. sensor tidak hanya bertanggung jawab untuk pengumpulan data, tetapi juga untuk analisis jaringan dan kombinasi data sensor. (F. P. E. Putra & Saadah, 2023) Dan IoT juga bisa di akses menggunakan internet dari jarak yang jauh tapi IoT juga sering menjadi target cyber dan keamanan menjadi masalah yang signifikan ketika perangkat IoT terhubung ke jaringan. IoT merupakan suatu kemampuan yang dimiliki objek untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan bantuan manusia lagi ke komputer. (Ambarwari et al., 2021) Kemajuan teknologi yang pesat, khususnya melalui Internet of Things (IoT), telah menciptakan peluang baru untuk meningkatkan pendidikan di sekolah. IoT memungkinkan setiap objek terhubung ke internet dan dapat diidentifikasi dari jarak jauh, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan personal. Perkembangan teknologi melalui Internet of Things (IoT) memungkinkan pembelajaran interaktif dan personal. (Fauzan Prasetyo Eka Putra, Selly Mellyana Dewi, Maugfiroh, 2023) Barang-barang terhubung ke internet dapat dikendalikan dari jarak jauh, menciptakan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan disesuaikan.

### Produksi dan Budidaya Hidroponik

Jika dibandingkan dengan pola tanam konvensional yang rata-rata panennya setiap dua minggu sekali (14 hari), tanaman hidroponik memiliki keunggulan umur panen yang relatif lebih singkat. Tanaman yang diaplikasikan adalah selada.

Dalam hidroponik, nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dapat langsung diserap oleh akarnya, sehingga pertumbuhannya lebih cepat. Selain itu, tanaman yang ditanam secara hidroponik tidak membutuhkan tanaman yang hidup di tanah untuk mendapatkan nutrisi, sehingga energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dapat dimaksimalkan. (Yuliana & Amala, 2020)

Tanaman hortikultura merupakan komponen penting dalam pembangun pertanian/hidroponik. Tanaman hortikultura berperan penting dalam memajukan pertanian/hidroponik, karena menyumbang variasi produk, dan beragam nutrisi, dengan mendukung ekosistem pertanian yang berkelanjutan. (Tando, 2019)

Umumnya tanaman hortikultura yang digunakan adalah tanaman semusim yaitu sayur-sayuran seperti cabai, sawi, kubis, tomat, dll. Salah satu keunggulan utama dari sistem pertanian hidroponik ini adalah dilakukan secara organik, menghasilkan produk yang lebih sehat. Bahkan, sistem ini dapat diterapkan di area perkotaan yang penduduk padat dapat melakukan hidroponik walaupun ditempat yang sempit sekalipun. Sistem budidaya yang terkontrol dan tertutup dari lingkungan luar, akan mampu mengurangi tingkat serangan hama maupun penyakit bagi tanaman.

Selain bisa diterapkan di tempat yang padat penduduk dan tempat yang sempit, Hidroponik pun bisa mengatasi sampah. Sistem budidaya yang terkontrol dan tertutup dari lingkungan luar, akan mampu mengurangi tingkat serangan hama maupun penyakit bagi tanaman. Dan masih banyak manfaat lainnya, hidroponik juga merupakan sayur yang cukup sehat lebih sehat dari sayur pada umumnya karena dilakukan secara organik cocok buat di konsumsi sehari-hari.

Bercocok tanam sudah menjadi kebiasaan sejak dulu, seiring dengan perkembangan zaman, manusia banyak mengembangkan berbagai cara bercocok tanam. Salah satu teknik bercocok tanam tersebut ialah bercocok tanam tanaman hidroponik ialah bercocok tanam yang tidak menggunakan media tanah media yang dipakai hidroponik adalah Arang sekam, Rock wool, spon/busa, Serbuk serabut kelapa, Zeolite, Pecahan genteng/batu bata, Kerikil, Serbuk serat pakis, dll. Materi hidroponik dipilih karena hidroponik sendiri merupakan solusi bagi masyarakat untuk membudidayakan sayur dan buah karena tidak memerlukan tanah sama sekali sebagai media tanaman, dan dapat dikembangkan di lahan sempit atau bahkan di dalam ruangan. Maka dari itu hidroponik banyak digunakan karena lebih efisien dan lebih sehat. sistem monitoring dan kendali hidroponik jarak agar budidaya hidroponik dapat dilakukan ketika warga berada di luar rumah atau bekerja, maka tim pengabdian membuat teknologi hidroponik berbasis IoT. (Adiputra et al., 2022)

Keuntungan dari berkebun hidroponik antara lain dapat dilakukan dalam jangka waktu yang lama tanpa bergantung pada musim. Jenis komoditas yang dibudidayakan juga tidak terlalu berbeda dengan tanaman yang ada saat ini, perawatan yang lebih mudah, tidak memerlukan penyiangan gulma dan penyiangan lahan, penggunaan media tanam yang steril, udara dan pemompaan air yang sudah disterilkan, selain itu tanaman dapat terus menerus tumbuh tanpa memerlukan perawatan khusus, dapat ditanam di tempat yang teduh, dan terlindung dari sinar matahari dan angin.

Dua prinsip hidroponik adalah hidroponik substrat dan NFT (teknik film nutrisi). Kedua bentuk hidroponik ini dapat dibuat menjadi sebuah teknik yang dapat disesuaikan dengan sumber daya yang tersedia dan kondisi pertukaran. Substrat Hidroponik No. 1. Alih-alih menggunakan udara sebagai media, hidroponik substrat menggunakan media yang tidak berupa permukaan melainkan padat yang dapat menahan nutrisi, oksigen, dan elemen lainnya sekaligus menurunkan akar tanaman sesuai dengan fungsi permukaannya. 2- Teknik Film Satu Nutrisi (Hidroponik) NTF mengemulsi model budidaya dengan cara mengalirkan udara ke akar tanaman secara teratur. Udara ini disaring dan mengandung nutrisi berdasarkan kebutuhan tanaman. Perakaran memiliki potensi untuk mendegradasi lamtan yang kaya nutrisi karena di sekitar perakaran terdapat butiran-butiran lanitan, oleh karena itu sistem ini dikenal sebagai NFT. Ukuran partikel yang terbawa udara akan mengurangi kandungan oksigen yang menjadi penyebab hilangnya unsur hara pada sistem NFT.

Sistem tanaman hidroponik ini berfungsi sebagai : (1) penambah nutrisi dalam larutan mineral atau nutrisi yang dibutuhkan tanaman untuk diairi atau dibudidayakan. (2) Tanaman dapat dipelihara lebih banyak dalam satuan ruang yang lebih sempit dengan cara. Selain itu, tanpa media, tanah dapat mendukung sejumlah besar tanaman yang lebih produktif. (3) Sistem kebun hidroponik ini sangat bebas pestisida, mencegah penyakit dan cidera. (4) Aeroponik adalah sistem hidroponik yang dimodifikasi di mana ganggang ditanam di atas styrofoam hingga terjerat.

### **KESIMPULAN**

Penggunaan teknologi Wireless Sensor Network (WSN) dalam pertanian hidroponik dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air. Dengan kemampuannya untuk memantau dan menganalisis parameter lingkungan secara real-time, sistem ini menawarkan potensi untuk mengoptimalkan hasil pertanian hidroponik dengan cara yang lebih efisien dan komprehensif.

## REFERENSI

- AMIK BSI Purwokerto, A. M. L., & - AMIK BSI Purwokerto, Y. B. (2018). Analisis Sistem Pengelolaan, Pemeliharaan dan Keamanan Jaringan Internet Pada IT Telkom Purwokerto. *Evolusi : Jurnal Sains Dan Manajemen*, 6(2), 49–56. <https://doi.org/10.31294/evolusi.v6i2.4427>
- Al Fikri, K., & Djuniadi. (2021). Keamanan Jaringan Menggunakan Switch Port Security. *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(2), 302–307. <http://bit.ly/InfoTekJar>
- Amarudin, A. (2018). Desain Keamanan Jaringan Pada Mikrotik Router OS Menggunakan Metode Port Knocking. *Jurnal Teknoinfo*, 12(2), 72. <https://doi.org/10.33365/jti.v12i2.121>
- Andri, Gunawan, I., & Kirana, I. O. (2022). Optimasi Sistem Keamanan Jaringan Komputer Terhadap Serangan Malware Menggunakan Filtering Firewall dengan Metode Port Blocking Optimization of Computer Network Security System Against Malware Attacks Using Firewall Filtering with Port Blocking Method Art. *JOMLAI: Journal of Machine Learning and Artificial Intelligence*, 1(2), 2828–9099. <https://doi.org/10.55123/jomlai.v1i2.816>
- Arifianto, R. M. (2018). An SSH HoneyPot Architecture Using Port Knocking and Intrusion Detection System. *2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, 0(c), 409–415.
- Astrid Noviriandini, Hermanto Hermanto, Diah Ayu Ambarsari, & Didy Eriawan. (2022). Analisis Management Bandwidth Dan Firewall Dengan Router Mikrotik Pada Pt. Bca Multifinance. *Jurnal Teknik Dan Science*, 1(3), 40–45. <https://doi.org/10.56127/jts.v1i3.466>
- Audrey, B. F. (2022). ... Network Menggunakan Point To Point Tunnel Protocol Berbasis Mikrotik: Virtual Private Network Menggunakan Point To Point Tunnel Protocol Berbasis Mikrotik. *Journal of Network and Computer Applications (ISSN ...)*, 1(1), 1–8. <http://jurnal.netplg.com/index.php/jnca/article/view/1>
- Bustami, A., & Bahri, S. (2020). Ancaman, Serangan dan Tindakan Perlindungan pada Keamanan Jaringan atau Sistem Informasi : Systematic Review. *Unistek*, 7(2), 59–70. <https://doi.org/10.33592/unistek.v7i2.645>
- Durante, L., Seno, L., & Valenzano, A. (2021). A formal model and technique to redistribute the packet filtering load in multiple firewall networks. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 16, 2637–2651. <https://doi.org/10.1109/TIFS.2021.3057552>
- Fauzan Prasetyo Eka Putra, Selly Mellyana Dewi, Maugfiroh, A. H. (2023). Privasi dan Keamanan Penerapan IoT Dalam Kehidupan Sehari-Hari : Tantangan dan Implikasi. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 5(2), 26–32. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v5i1.232>
- Haidar Hari, N., Eka Putra, F. P., Hasanah, U., Sutarsih, S. R., & Riyan. (2023). Transformasi Jaringan Telekomunikasi dengan Teknologi 5G: Tantangan, Potensi, dan Implikasi. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 5(2), 146–150. <https://doi.org/10.37034/jidt.v5i2.357>
- Haidar, N., Eka Putra, F. P., Arifin, M., Yasir Zain, M., & Darmawan, I. (2021). Desain dan Perancangan Smart Campus berbasis ZigBee Wireless Sensor Network. *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik*, 1(11), 842–850. <https://doi.org/10.17977/um068v1i112021p842-850>
- Hoffman, B. L. et al. (2019). Analisa Jaringan & Design. *Jurnal Teknik Industri, Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 10(1), 15–20.
- Idhom, M., Wahanani, H. E., & Fauzi, A. (2020). Network Security Applications Using the Port Knocking Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022046>
- Iwan Giri Waluyo, & Kurniawan, D. (2023). Mikrotik Login Security with Port-Knocking and Brute Force Firewall at PT. Time Excelindo. *International Journal of Integrative Sciences*, 2(7), 971–978. <https://doi.org/10.55927/ijis.v2i7.4782>
- JAIDI, F. (2019). A Quantified Trust-Risk Assessment Approach for Enhancing Firewalls-Filtering Services. *Journal of Information Assurance & Security*, 14(2), 30–39.
- Jaya, B., Yuhandri, Y., & Sumijan, S. (2020). Peningkatan Keamanan Router Mikrotik Terhadap Serangan Denial of Service (DoS). *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 2, 115–123. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v2i4.32>
- Krisna, H. R. A. (2022). Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Pada Kantor Kesatuan Bangsa Dan Politik Kabupaten .... 37–46.
- Maulana, A., Suharto, N., & Hariyadi, A. (2023). Application of MikroTik Firewall for Website Access Restriction and Prevention of DoS (Denial of Service) Attacks on Internet Networks Al-Mahrusiyah Vocational School Lirboyo. *Jartel*, 13(1), 81–86. <https://doi.org/10.33795/jartel.v13i1.547>
- Muhammad Nur, Teguh, Wasis Waskito, Azhar Fathoni, Bagas, Yuda, Ramadan Galih, Alif Ainnun Qoyum, & Samsoni. (2023). The Effectiveness of the Port Knocking Method in Computer Security.

- International Journal of Integrative Sciences, 2(6), 873–880. <https://doi.org/10.55927/ijis.v2i6.4526>
- Mursyidah, Husaini, Atthariq, Arhami, M., Hidayat, H. T., Anita, & Ramadhona. (2019). Analysis and implementation of the Port Knocking method using Firewall-based Mikrotik RouterOS. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 536(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012129>
- Nitra, R. O., & Ryansyah, M. (2019). Implementasi Sistem Keamanan Jaringan Menggunakan Firewall Security Port pada Vitaa Multi Oxygen. Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JUSTIN), 7(1), 52. <https://doi.org/10.26418/justin.v7i1.29979>
- Prasetyo Eka Putra, F. (2023). Sleep Mode: Strategi Efisiensi Wireless Sensor Network. Informatics for Educators And Professionals : Journal of Informatics, 8(1), 52–56.
- Prayogi Wicaksana, Hadi, F., & Aulia Fitrul Hadi. (2021). Perancangan Implementasi VPN Server Menggunakan Protokol L2TP dan IPSec Sebagai Keamanan Jaringan. Jurnal KomtekInfo, 8(3), 169–175. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v8i3.128>
- Putra, F. P. E., Putra, D. A. M., Firdaus, A., & ... (2023). Analisis Kecepatan Dan Kinerja Jaringan 5G (generasi ke 5) Pada Wilayah Perkotaan. ... Journal of Informatics, 8(1), 47–51. <http://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/ITBI/article/view/2439%0Ahttp://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/ITBI/article/download/2439/1631>
- Riska, P., Sugiartawan, P., & Wiratama, I. (2018). Sistem Keamanan Jaringan Komputer Dan Data Dengan Menggunakan Metode Port Knocking. Jurnal Sistem Informasi Dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI), 1(2), 53–64. <https://doi.org/10.33173/jsikti.12>
- Robbahul Barra, A., Sujatmika, R., & Umami, I. (2022). Sistem Keamanan Jaringan Komputer Bridge Firewall Menggunakan Router Board Mikrotik Rb750. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis-JTEKSIS, 4(1), 427. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i2.561>
- Santoso, N. A., Affandi, K. B., & Kurniawan, R. D. (2022). Implementasi Keamanan Jaringan Menggunakan Port Knocking. Jurnal Janitra Informatika Dan Sistem Informasi, 2(2), 90–95. <https://doi.org/10.25008/janitra.v2i2.156>
- Saputro, A., Saputro, N., & Wijayanto, H. (2020). Metode Demilitarized Zone dan Port Knocking untuk Keamanan Jaringan Komputer. CyberSecurity Dan Forensik Digital, 3(2), 22–27.
- Yudi mulyanto, M. Julkarnain, & Jabi Afahar, A. (2021). Implementasi Port Knocking Untuk Keamanan Jaringan Smkn 1 Sumbawa Besar. Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains, 3(2), 326–335. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v3i2.1016>