



# Konsep Desain Sistem Hidroponik Vertikal Berbasis IoT Bertenaga Surya

Stieven N. Rumokoy<sup>1</sup>, Stanley B. Dodie<sup>2</sup>, Adriyan Warokka<sup>3</sup>, Karlah Lifie R. Mansauda<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

<sup>4</sup> Program Studi Farmasi, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>rumokoy@polimdo.ac.id, <sup>2</sup>stanleydodie@elektro.polimdo.ac.id, <sup>3</sup>adryan.w@gmail.com, <sup>4</sup>lifiekarah@unsrat.ac.id

## Abstrak

Pertanian perkotaan menghadapi keterbatasan lahan dan tuntutan efisiensi sumber daya, sehingga mendorong pengembangan sistem hidroponik vertikal sebagai solusi pertanian modern. Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dan energi surya menjadi langkah strategis untuk meningkatkan otomatisasi, efisiensi, serta keberlanjutan sistem terkhusus pada area tropis. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsep rancangan sistem hidroponik vertikal cerdas berbasis IoT bertenaga surya yang mampu memaksimalkan pertumbuhan tanaman dan memaksimalkan sistem pertanian modern. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur dan studi deskriptif. Studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber ilmiah terkait hidroponik, IoT, dan sistem energi surya, sedangkan studi deskriptif dilakukan melalui wawancara dengan para ahli untuk memvalidasi kebutuhan teknis dan desain sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan konsep hidroponik vertikal perlu mempertimbangkan struktur fisik, sistem sirkulasi air dan nutrisi, sensor dan sistem pemantauan lingkungan, unit kendali berbasis IoT, sistem tenaga surya dan perlengkapan pendukung lainnya. Integrasi panel surya memastikan suplai daya yang mandiri dan berkelanjutan. Sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pengambilan keputusan berbasis data, sehingga efektif diterapkan pada skala rumah tangga, komunitas urban farming, maupun fasilitas pendidikan guna mendukung pertanian cerdas dan ramah lingkungan.

**Kata kunci** – Panel surya, otomatisasi, pertanian berkelanjutan, Tropis.

## Abstract

*Urban agriculture faces challenges of limited land and the need for resource efficiency, driving the development of vertical hydroponic systems as a modern farming solution. The integration of Internet of Things (IoT) technology and solar energy serves as a strategic approach to enhance automation, efficiency, and system sustainability, particularly in tropical regions. This study aims to develop a conceptual design of an intelligent IoT-based solar-powered vertical hydroponic system capable of optimizing plant growth and advancing modern agricultural practices. The research methodology includes a literature study and a descriptive study. The literature study examines various scientific sources related to hydroponics, IoT, and solar energy systems, while the descriptive study involves interviews with experts to validate the technical requirements and system design. The results indicate that the conceptual design of the vertical hydroponic system should consider several key components, including the physical structure, water and nutrient circulation system, environmental sensors and monitoring system, IoT-based control unit, solar power system, and supporting components. The integration of solar panels ensures an independent and sustainable power supply. This system enables remote monitoring and data-driven decision-making, making it suitable for household-scale applications, urban farming communities, and educational facilities in support of smart and environmentally friendly agriculture.*

**Keywords** – Solar Panel, Automation, Sustainable Agriculture, Tropical.



## 1. PENDAHULUAN

Pertanian modern menghadapi tantangan signifikan terkait keterbatasan lahan, terutama di perkotaan padat penduduk, sehingga mendorong inovasi seperti hidroponik vertikal untuk efisiensi ruang dan produktivitas[1]. Sistem ini semakin diperkuat dengan integrasi Internet of Things dan sumber energi terbarukan, seperti panel surya, untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasionalnya[2]. Pendekatan ini memungkinkan pemantauan dan kontrol parameter lingkungan secara real-time, seperti suhu, kelembaban, pH, dan pencahayaan, guna mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan meminimalisir konsumsi sumber daya[3]. Adopsi teknologi IoT pada sistem hidroponik vertikal mampu menciptakan praktik pertanian yang lebih presisi, otomatis, dan berbasis data, menghasilkan panen yang lebih tinggi, kualitas tanaman yang lebih baik, dan mengurangi biaya operasional[4]. Pengembangan sistem otomatisasi hidroponik vertikal berbasis IoT yang tidak hanya efisien dalam penggunaan air dan nutrisi, tetapi juga memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama untuk mencapai kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan. Pemanfaatan IoT dalam sistem hidroponik vertikal juga memungkinkan pengawasan kondisi air secara real-time, termasuk tingkat nutrisi dan pH, yang krusial untuk mencegah penyiraman berlebihan atau kekurangan gizi. Integrasi teknologi ini juga memungkinkan pemantauan jarak jauh dan kontrol parameter lingkungan, seperti suhu, kelembaban, pH, dan Total Dissolved Solids, melalui perangkat seperti NodeMCU ESP8266 atau ESP32 yang terhubung dengan berbagai sensor [5][6]. Kemampuan konektivitas WiFi dan Bluetooth pada mikrokontroler ESP32 secara khusus memfasilitasi kontrol dan pemantauan sistem hidroponik dari jarak jauh, memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar dalam pengelolaan pertanian[7]. Perkembangan teknologi IoT yang pesat memungkinkan aplikasi yang lebih luas di berbagai bidang, termasuk pertanian cerdas. Sistem pertanian cerdas berbasis IoT ini dapat meningkatkan produktivitas pertanian secara signifikan, terutama pada pertanian hidroponik[8]. Integrasi IoT ke dalam sistem hidroponik vertikal telah membuka jalan bagi pertanian yang lebih berkelanjutan, terutama dalam konteks urbanisasi dan keterbatasan lahan pertanian tradisional[9].

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan sistem hidroponik cerdas yang mengintegrasikan panel surya sebagai sumber energi utama, sensor untuk memantau kondisi lingkungan, dan mikrokontroler berbasis IoT untuk otomatisasi kontrol, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kemudahan pemantauan untuk keberlanjutan pertanian. Dengan demikian, sistem yang diusulkan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data melalui sistem yang akurat dan berkelanjutan bagi petani, serta memfasilitasi pemantauan dan perubahan parameter lingkungan secara remote. Sistem ini bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, menghemat sumber daya air dan nutrisi, serta mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, sejalan dengan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan. Penelitian ini akan menguraikan secara komprehensif konsep desain melalui penelaahan perlengkapan yang perlu digunakan untuk mencapai optimasi lingkungan tumbuh yang baik. Sistem ini secara khusus akan mempertimbangkan aspek manajemen sirkulasi air, kebutuhan energi dan faktor-faktor penentu lainnya dalam proses pembudidayaan tanaman dengan desain hidroponik vertikal.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan studi deskriptif untuk merumuskan konsep desain sistem hidroponik vertikal berbasis IoT bertenaga surya. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi ilmiah, termasuk jurnal, prosiding, buku akademik, dan sumber ilmiah lainnya yang relevan dengan topik hidroponik vertikal. Selain itu penelaahan juga dilihat pada literatur mengenai teknologi Internet of Things untuk pertanian cerdas, serta sistem energi terbarukan berbasis panel surya (PV). Pengumpulan literatur difokuskan juga untuk memperoleh informasi terkait komponen sistem, arsitektur hidroponik, pemilihan sensor dan aktuator, mekanisme kendali otomatis, serta analisis kebutuhan energi pada sistem hidroponik. Analisis literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi teknologi yang tepat, praktik terbaik, dan peluang integrasi sistem yang efisien sehingga dapat mendukung perancangan konsep sistem yang optimal dan berkelanjutan.

Pada bagian studi deskriptif, kegiatan yang dilakukan adalah melalui wawancara dengan para ahli di bidang hidroponik, energi surya, dan teknologi IoT. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur dengan teknik purposive sampling, yaitu memilih narasumber berdasarkan pengalaman profesional dan



relevansi keahlian mereka terhadap topik penelitian. Wawancara difokuskan pada penentuan kebutuhan teknis sistem, parameter lingkungan yang penting dalam budidaya tanaman hidroponik, serta tantangan dan peluang implementasi sistem hidroponik cerdas di lingkungan tertentu seperti daerah perkotaan. Data yang diperoleh dari wawancara dianalisis secara kualitatif untuk memperkuat hasil kajian literatur dan memberikan validasi praktis terhadap konsep desain yang dirumuskan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Review keunggulan sistem

Ada bermacam-macam desain arsitektur sistem hidroponik. Keunggulan desain dipandang dari berbagai perspektif kebutuhannya. Tabel 1 menunjukkan review artikel yang berhubungan dengan hidroponik vertikal berbasis IoT bertenaga surya dengan keunggulan sistem yang ada.

Tabel 1. Review keunggulan sistem hidroponik

| Artikel                 | Fokus/Aspek Dibahas                                                                 | Keunggulan Sistem                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zikri [1]               | Pertanian kota pintar 5.0, otomatisasi pertanian vertikal, panel surya              | Efisiensi ruang dan produktivitas tinggi, solusi untuk keterbatasan lahan di perkotaan.                                                                                                                                                                                                   |
| Erlangga et al. [2]     | Otomatisasi dan pemantauan sistem hidroponik berbasis IoT dengan solar panel        | Pemantauan dan kontrol parameter lingkungan secara <i>real-time</i> (kelembaban, suhu, pH, pencahayaan), peningkatan efisiensi, dan sumber energi berkelanjutan.                                                                                                                          |
| Setiawan et al. [3]     | Peran IoT dalam pertanian vertikal pintar                                           | Memungkinkan pemantauan dan kontrol variabel lingkungan (suhu, kelembaban, pencahayaan, nutrisi) secara <i>real-time</i> , optimalisasi pertumbuhan tanaman, minimalisasi konsumsi sumber daya, keberlanjutan operasional, efisiensi air dan nutrisi.                                     |
| Suresh et al. [4]       | Sistem pertanian hidroponik dalam ruangan berbasis IoT otomatis                     | Menciptakan praktik pertanian yang presisi, otomatis, dan berbasis data; hasil panen lebih tinggi, kualitas tanaman lebih baik, mengurangi biaya operasional, memaksimalkan penggunaan ruang, pertumbuhan tanaman terkontrol, dan pemantauan kondisi air (nutrisi, pH) <i>real-time</i> . |
| Putra & Jaya [5]        | Sistem otomatisasi hidroponik NFT berbasis IoT                                      | Memantau kondisi lingkungan untuk pertumbuhan tanaman dengan sensor terintegrasi (suhu, kelembaban, pH, TDS, ketinggian air) menggunakan NodeMCU ESP8266.                                                                                                                                 |
| Hidayat & Amrullah [6]  | Sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik berbasis IoT                       | Kontrol dan pemantauan jarak jauh melalui mikrokontroler dan sensor lingkungan.                                                                                                                                                                                                           |
| Hurairah et al. [7]     | Otomasi sistem hidroponik berbasis mikrokontroler ESP32                             | Fleksibilitas kontrol dan pemantauan sistem hidroponik dari jarak jauh dengan kemampuan WiFi                                                                                                                                                                                              |
| Firmansyah et al. [8]   | Pertanian cerdas berbasis IoT untuk produktivitas hidroponik                        | Meningkatkan produktivitas pertanian secara signifikan, terutama pada pertanian hidroponik.                                                                                                                                                                                               |
| Sneineh & Shabaneh (10) | Desain sistem monitoring hidroponik cerdas menggunakan mikrokontroler ESP32 dan IoT | Pengambilan keputusan berbasis data yang akurat dan berkelanjutan, pemantauan dan perubahan parameter lingkungan secara <i>remote</i> .                                                                                                                                                   |
| Rao et al. (11)         | Solusi IoT otomatis untuk pertanian hidroponik efisien                              | Optimalisasi pertumbuhan tanaman, penghematan sumber daya air dan nutrisi, mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional.                                                                                                                                                     |

#### 3.2. Otomasi sistem hidroponik

Peran Internet of Things (IoT) dalam sistem kontrol dan pemantauan pada pertanian hidroponik, khususnya pada aplikasi hidroponik tipe vertikal, sangat penting dalam mewujudkan sistem pertanian yang cerdas, efisien, dan berkelanjutan. IoT memungkinkan integrasi antara perangkat sensor, aktuator, mikrokontroler, dan sistem komunikasi nirkabel untuk mengumpulkan serta mengirimkan data lingkungan secara real-time. Pada sistem hidroponik vertikal, berbagai parameter penting seperti suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, pH larutan nutrisi, dan Total Dissolved Solids (TDS) dapat dipantau secara kontinu menggunakan sensor yang terhubung dengan mikrokontroler. Data yang diperoleh dikirim ke platform IoT berbasis cloud, seperti Blynk atau ThingSpeak, untuk ditampilkan dalam bentuk grafik atau notifikasi yang mudah diakses melalui perangkat seluler atau komputer. Dengan demikian, petani atau pengguna dapat memantau kondisi lingkungan tumbuh tanaman kapan pun dan di mana pun, bahkan tanpa harus berada di lokasi secara fisik.

Selain pemantauan, IoT juga berperan penting dalam otomatisasi sistem kontrol. Melalui pemrograman mikrokontroler, sistem dapat dikonfigurasi untuk mengatur pompa air, pengaturan nutrisi, dan pencahayaan secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas tertentu. Misalnya, ketika sensor mendeteksi kadar pH atau TDS di luar rentang optimal, sistem dapat mengaktifkan pompa nutrisi untuk



menyesuaikan konsentrasi larutan secara otomatis. Begitu pula, pengendalian siklus pencahayaan dan penyiraman dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman pada berbagai fase pertumbuhan. Pendekatan ini mengurangi intervensi manual, menghemat waktu, serta memastikan stabilitas kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan optimal tanaman hidroponik.

Dalam konteks hidroponik vertikal yang umumnya memiliki struktur bertingkat dan sistem sirkulasi air yang kompleks, IoT berperan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi distribusi nutrisi serta pengelolaan energi. Sensor level air dan arus listrik dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan pompa dan mencegah pemborosan daya, terutama ketika sistem dikombinasikan dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya. Melalui pengumpulan dan analisis data secara kontinu, IoT juga membuka peluang penerapan data-driven decision making, di mana petani dapat menganalisis tren pertumbuhan tanaman dan mengoptimalkan parameter lingkungan berdasarkan hasil pengamatan jangka panjang. Dengan demikian, penerapan IoT pada sistem hidroponik vertikal tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman, tetapi juga mendukung efisiensi energi, konservasi sumber daya air, dan keberlanjutan sistem pertanian modern di era digital.

### *3.3. Integrasi Energi Surya*

Integrasi sistem tenaga surya dalam proses pertanian hidroponik, khususnya pada aplikasi hidroponik tipe vertikal, memberikan sejumlah keunggulan yang signifikan dalam aspek efisiensi energi, keberlanjutan, dan kemandirian operasional. Sistem hidroponik vertikal dapat mengandalkan panel surya sebagai sumber energi utama yang mampu beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional. Hal ini sangat relevan untuk diterapkan pada wilayah dengan akses listrik terbatas atau biaya energi yang tinggi. Energi yang dihasilkan dari modul fotovoltaik dapat digunakan untuk mengoperasikan pompa air, sensor, mikrokontroler, serta sistem pencahayaan tanaman, sehingga seluruh proses budidaya dapat berjalan secara berkesinambungan. Dengan demikian, sistem tenaga surya mendukung efisiensi energi sekaligus mengurangi jejak karbon dalam kegiatan pertanian modern.

Selain itu, penggunaan tenaga surya meningkatkan keandalan dan kontinuitas operasional sistem hidroponik. Dalam sistem berbasis IoT yang memerlukan suplai daya stabil untuk pemantauan dan kontrol otomatis, panel surya yang dikombinasikan dengan sistem penyimpanan energi (baterai) dapat menjamin ketersediaan daya secara konsisten, termasuk pada malam hari atau saat terjadi gangguan pasokan listrik. Hal ini menjadikan sistem hidroponik vertikal lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan dan cuaca yang berubah-ubah. Keunggulan lain dari integrasi tenaga surya adalah penghematan biaya operasional jangka panjang, karena sumber energi yang digunakan bersifat gratis dan terbarukan. Dengan efisiensi konversi energi yang terus meningkat, sistem ini semakin layak secara teknis dan ekonomis untuk diterapkan pada skala rumah tangga, komersial, maupun pendidikan.

Dari perspektif keberlanjutan, sistem hidroponik vertikal bertenaga surya berkontribusi terhadap penerapan prinsip green technology dengan menggabungkan dua konsep ramah lingkungan, yaitu pertanian tanpa tanah dan energi bersih. Kombinasi ini tidak hanya mengurangi penggunaan sumber daya alam secara berlebihan, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan di wilayah perkotaan melalui model pertanian hemat lahan dan energi. Oleh karena itu, integrasi tenaga surya pada sistem hidroponik vertikal tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis, tetapi juga menjadi langkah strategis menuju implementasi pertanian cerdas dan berkelanjutan di masa depan.

### *3.4. Konsep Hidroponik vertikal*

Dalam perancangan konsep hidroponik vertikal, bagian-bagian yang dapat dipertimbangkan untuk rancangan yang dapat menjawab kebutuhan yang dapat menjadi solusi terbaik adalah sebagai berikut:

#### *a. Struktur Fisik dan Rangka Vertikal*

Rangka atau struktur fisik berfungsi sebagai penopang utama seluruh komponen sistem hidroponik vertikal. Rangka umumnya dibuat dari bahan ringan namun kuat seperti aluminium atau besi galvanis untuk menjamin stabilitas dan ketahanan terhadap kelembapan. Pada bagian ini, modul pipa disusun secara vertikal dengan jarak antar tingkat yang disesuaikan agar tanaman mendapatkan pencahayaan dan sirkulasi udara yang optimal. Sistem vertikal dirancang agar efisien dalam penggunaan ruang, sehingga cocok diterapkan di area perkotaan dengan keterbatasan lahan. Selain



itu, rancangan struktur juga mempertimbangkan kemudahan dalam proses instalasi, pemeliharaan, serta jalur aliran nutrisi dan air agar tetap lancar tanpa kebocoran.

b. *Sistem Sirkulasi Air dan Nutrisi*

Bagian ini menjadi inti dari sistem hidroponik karena berfungsi untuk menyalurkan larutan nutrisi ke seluruh tanaman. Pompa dapat digunakan untuk mensirkulasikan larutan nutrisi dari reservoir menuju saluran atau pipa hidroponik. Larutan tersebut kemudian mengalir secara terus menerus dalam sistem tertutup sehingga efisiensi penggunaan air dan nutrisi dapat dicapai. Sistem ini juga dapat dilengkapi dengan katup solenoid atau pengatur aliran otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Dengan adanya sistem sirkulasi yang stabil, nutrisi dapat terdistribusi secara merata pada setiap tingkat tanam.

c. *Sensor dan Sistem Pemantauan Lingkungan*

Sistem hidroponik berbasis IoT mengandalkan serangkaian sensor untuk memantau kondisi lingkungan tumbuh tanaman. Sensor pH dan TDS dapat digunakan untuk mengukur tingkat keasaman serta konsentrasi nutrisi dalam larutan, sedangkan sensor suhu dan kelembaban dapat mengamati kondisi lingkungan sekitar. Sensor suhu air perlu digunakan untuk memastikan suhu larutan tetap ideal untuk penyerapan nutrisi. Selain itu juga, sensor intensitas cahaya dan sensor level air dapat memberikan data tambahan untuk pengaturan pencahayaan dan ketinggian larutan. Semua sensor ini bekerja secara terintegrasi dan datanya dikirim ke kontroler untuk analisis dan pengambilan keputusan otomatis. Dengan pemantauan real-time, sistem dapat merespons perubahan lingkungan dengan cepat untuk menjaga pertumbuhan tanaman secara optimal.

d. *Unit Kendali Berbasis IoT (Internet of Things)*

Unit kendali merupakan pusat dari sistem otomatisasi, dapat menggunakan mikrokontroler atau jenis kontroler lainnya yang memiliki fasilitas konektivitas jaringan nirkabel. kontroler ini berfungsi menerima data dari berbagai sensor dan menjalankan algoritma kontrol untuk mengatur seperti pompa, dosing pump, dan lampu LED sebagai penanda parameter yang telah ditentukan. Kontroler juga memungkinkan pengiriman data secara real-time ke server cloud untuk mengumpulkan informasi dalam proses pembudidayaan hidroponik. Melalui sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tanaman dan mengubah pengaturan dari jarak jauh menggunakan aplikasi berbasis web atau mobile. Integrasi IoT menjadikan sistem hidroponik vertikal dapat lebih efisien, adaptif, dan mudah dikendalikan, bahkan tanpa perlu kehadiran fisik di lokasi instalasi.

e. *Sistem Tenaga Surya (Photovoltaic System)*

Sistem tenaga surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang mendukung operasi sistem hidroponik, mencakup pompa, mikrokontroler, sensor, dan komponen kelistrikan pendukung lainnya. Panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat disimpan pada baterai. Energi yang tersimpan kemudian digunakan untuk menyuplai kebutuhan daya sistem secara berkelanjutan, terutama saat malam hari atau cuaca mendung. Dengan pemanfaatan energi surya, sistem ini menjadi lebih mandiri dan ramah lingkungan karena tidak bergantung pada jaringan listrik konvensional. Integrasi tenaga surya juga sejalan dengan prinsip *green technology* dan mendukung konsep pertanian berkelanjutan di daerah dengan pasokan listrik terbatas.

f. *Aktuator dan Sistem Kontrol Otomatis*

Aktuator berperan dalam menjalankan perintah yang dihasilkan oleh unit kendali, seperti mengaktifkan pompa air, mengatur dosing nutrisi dan atau membuka atau menutup katup aliran air. Pengendalian aktuator dapat dilakukan melalui relay driver yang dikendalikan langsung oleh kontroler. Proses ini memungkinkan otomatisasi, misalnya menghidupkan pompa saat kadar nutrisi menurun atau menyesuaikan durasi pencahayaan sesuai kebutuhan tanaman. Keberadaan sistem kontrol otomatis ini membantu mengurangi intervensi manual serta memastikan parameter lingkungan selalu berada dalam kondisi ideal bagi pertumbuhan tanaman.

g. *Platform Pemantauan dan Antarmuka Pengguna*

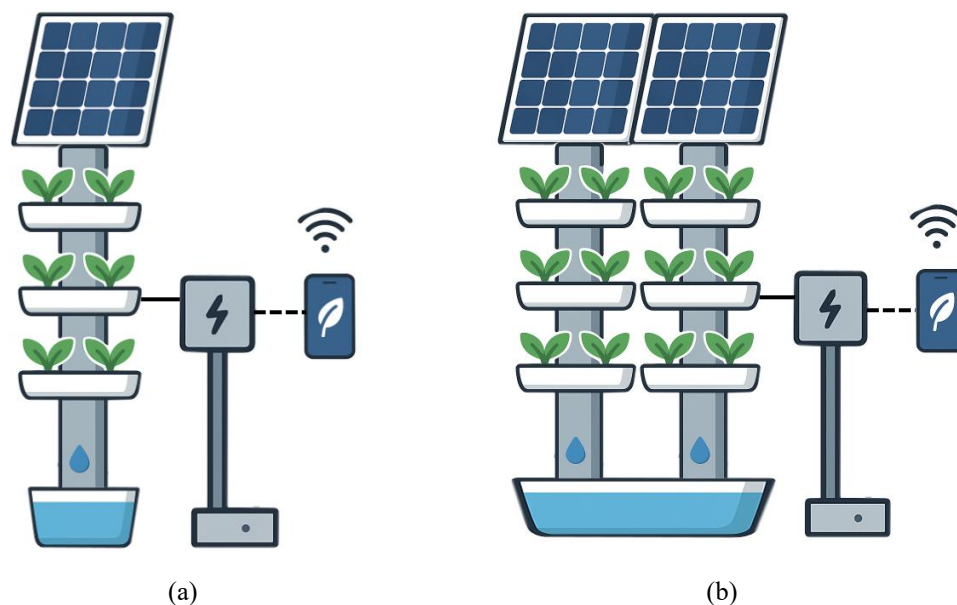
Bagian ini berfungsi untuk menampilkan data hasil pemantauan sensor dan status sistem secara visual kepada pengguna. Platform yang digunakan dapat berupa aplikasi berbasis web atau mobile yang menampilkan grafik parameter penting seperti pH, TDS, suhu, kelembaban dan yang lainnya. Antarmuka ini juga memungkinkan pengguna melakukan kontrol jarak jauh seperti menghidupkan pompa atau katup-katup secara otomatis. Selain itu, sistem dapat memberikan notifikasi otomatis

melalui pesan singkat ketika parameter lingkungan berada di luar batas normal. Dengan adanya antarmuka yang interaktif, pengguna dapat melakukan pengawasan secara efisien dan akurat dari mana saja.

*h. Sistem Proteksi dan Keamanan*

Dalam rancangan alat ini, sistem proteksi merupakan aspek penting yang menjamin keselamatan pengguna dan perangkat. Proteksi dilakukan dengan pemasangan peralatan proteksi seperti fuse, circuit breaker, dan komponen proteksi listrik lainnya untuk mencegah risiko kebocoran listrik. Kotak kontrol elektronik yang dilengkapi pelindung IP65 perlu dipertimbangkan agar tahan terhadap kelembaban dan cipratan air. Selain itu, sistem ini juga perlu dilengkapi prosedur kalibrasi sensor secara berkala serta mekanisme *fail-safe* yang mematikan pompa otomatis seperti saat reservoir kehabisan air. Dengan penerapan sistem keamanan yang baik, risiko kerusakan komponen dan kecelakaan kerja dapat diminimalkan, mendukung keberlanjutan dan keandalan sistem secara jangka panjang.

Pada gambar 1, merupakan ilustrasi beberapa rancangan konsep sistem hidroponik vertikal, konsep ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan lapangan. Penempatan panel surya diatas pilar dapat menjadi pelindung saat untensitas cahaya matahari yang sangat tinggi terhadap tanaman yang ada. Beberapa tanaman air tidak efektif jika terlalu besar menerima paparan cahaya matahari. Panel surya dapat menjadi pelindung untuk menghindari paparan matahari yang berlebihan.



Gambar 1. Konsep hidroponik vertikal, (a) Single pillar, (2) Double Pillar

Konsep sistem ini mendukung prinsip keberlanjutan melalui:

- Efisiensi penggunaan air hingga dibandingkan pertanian konvensional
- Pemanfaatan energi terbarukan, mengurangi emisi karbon
- Pemaksimalan ruang vertikal, relevan untuk lingkungan urban
- Pengurangan tenaga kerja manual berkat sistem otomatisasi

Integrasi teknologi IoT dan energi surya juga memperluas peluang implementasi pada skala rumah tangga, komunitas urban farming, hingga fasilitas pendidikan dan penelitian. Dengan sistem monitoring berbasis data, petani dapat meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dan memperkirakan kebutuhan tanaman secara lebih akurat.



#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang dilakukan, konsep hidroponik vertikal perlu mempertimbangkan struktur fisik, sistem sirkulasi air dan nutrisi, sensor dan sistem pemantauan lingkungan, unit kendali berbasis IoT, sistem tenaga surya dan perlengkapan pendukung lainnya. Integrasi panel surya menjamin kemandirian energi, efisiensi operasional, dan pengurangan emisi karbon. Struktur vertikal dan sirkulasi air yang efisien memaksimalkan penggunaan ruang dan distribusi nutrisi. Sistem kontrol otomatis dan antarmuka berbasis cloud memudahkan pengawasan dan pengambilan keputusan jarak jauh. Dengan proteksi yang memadai, sistem ini aman, efisien, dan berkelanjutan, cocok diterapkan pada rumah tangga, komunitas urban farming, maupun fasilitas pendidikan. Secara keseluruhan, desain ini mendukung pertanian cerdas, hemat sumber daya, dan ramah lingkungan.

#### 5. SARAN

Konsep sistem hidroponik vertikal berbasis IoT bertenaga surya memiliki potensi untuk diimplementasikan untuk pengujian lanjutan. Pertama, diperlukan pengujian eksperimental terhadap rancangan konsep yang telah disusun untuk memperoleh data kinerja aktual terkait efisiensi energi, pertumbuhan tanaman, serta keandalan sistem otomatisasi. Kedua, diperlukan analisis ekonomi untuk menilai kelayakan penerapan sistem ini pada berbagai skala, baik rumah tangga, komunitas urban farming, maupun fasilitas pendidikan. Selain itu, aspek ergonomi dan estetika desain juga perlu diperhatikan agar sistem hidroponik ini dapat diintegrasikan dengan baik dalam lingkungan sebenarnya.

#### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada para ahli dan praktisi hidroponik, energi surya, dan teknologi IoT yang telah bersedia berbagi pengetahuan dan pengalaman melalui wawancara.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Zikri, "Smart Urban Farming 5.0: Integration of Vertical Farming Automation and Solar Panels for Maximum Energy Efficiency and Productivity in Major Cities in Indonesia," *Agricultural Power Journal*, vol. 1, no. 3, p. 52, Aug. 2024, doi: 10.70076/apj.v1i3.82.
- [2] A. P. M. Erlangga, K. S. K. Dinatha, F. E. Nainggolan, and S. Prayogi, "Prototipe Otomatisasi dan Pemantauan Sistem Hidroponik Berbasis IoT dengan Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Sumber Energi," *Jurnal Teknologi Terapan G-Tech*, vol. 7, no. 4, p. 1367, Oct. 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3143.
- [3] P. A. C. Setiawan, N. I. ER, and G. Sukadarmika, "Pertanian Vertikal Pintar: Peran IoT dalam Mewujudkan Keberlanjutan dan Efisiensi Sumber Daya," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 24, no. 1, p. 23, Aug. 2025, doi: 10.24843/mite.205.v24i01.p03.
- [4] V. Suresh, T. Logasundari, V. Sravani, S. M. Ali, and S. Srinivasan, "IOT Based Automated Indoor Hydroponic Farming System," *E3S Web of Conferences*, vol. 547, p. 2002, Jan. 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202454702002.
- [5] N. E. Putra and P. Jaya, "Rancangan Bangun Sistem Otomatisasi Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) Bayam Hijau berbasis Internet of Things (IoT)," *TSAQOFAH*, vol. 5, no. 4, p. 3510, Jun. 2025, doi: 10.58578/tsaqofah.v5i4.6376.
- [6] Muh. A. J. Hidayat and A. Z. Amrullah, "SISTEM KONTROL DAN MONITORING TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN NODEMCU ESP32," *Jurnal SAINTEKOM*, vol. 12, no. 1, p. 23, Mar. 2022, doi: 10.33020/saintekom.v12i1.223.



- 
- [7] M. Hurairah, A. E. Pratama, and E. Eliza, "Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JURNAL SURYA ENERGY*, vol. 9, no. 1, p. 1, Sep. 2024, doi: 10.32502/jse.v9i1.172.
  - [8] F. Firmansyah, B. Wibisana, H. P. Yusuf, M. Z. Iqbal, and R. S. Abqari, "Pertanian Cerdas Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Hidroponik," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara (JPMN)*, vol. 4, no. 2, p. 80, Aug. 2024, doi: 10.35870/jpmn.v4i2.3084.
  - [9] K. H. M. Azmi, N. A. M. Radzi, and A. Ahmad, "THE FUTURE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE: A REVIEW OF IOT AND AUTONOMOUS CONTROL IN VERTICAL HYDROPONIC FARMING," *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, vol. 22, no. 2. VSB – Technical University of Ostrava, Jun. 28, 2024. doi: 10.15598/aece.v22i2.5321.
  - [10] A. A. Sneineh and A. A. A. Shabaneh, "Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things," *MethodsX*, vol. 11, p. 102401, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.mex.2023.102401.
  - [11] P. S. Rao *et al.*, "Automated IoT Solutions for Efficient Hydroponic Farming: Nutrients, PH and Lighting Management," *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, vol. 57, no. 5, p. 1273, Oct. 2024, doi: 10.18280/jesa.570503.