Jurnal Layanan Masyarakat (*Journal of Public Services*), Vol. 9 No. 2 Tahun 2025, halaman 249–269
ISSN 2580-8680, e-ISSN 2722-239X

INTRODUCTION AND UTILIZATION OF A SOLAR POWERED HYDROPONIC AUTOMATIC NUTRITION SYSTEM (AIROPONIK) AS A SMART AGRICULTURAL SOLUTION FOR HOUSEHOLD-SCALE FARMING IN PANDEREJO VILLAGE, GEMPOL DISTRICT, PASURUAN

PENGENALAN DAN PEMANFAATAN SISTEM NUTRISI OTOMATIS HIDROPONIK (AIROPONIK) BERTENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PERTANIAN PINTAR SKALA RUMAH TANGGA PADA DUSUN PANDEREJO, KECAMATAN GEMPOL, PASURUAN

Muhammad Aldo Setiawan*[1], Rizky Putra Prastio[1], Saddam Al Fattah Putra[1], Abdullah Al Masyhur[1], Muhammad Sandi Saepudin[1]

[*1] Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan, Fakultas Teknologi Maju dan Multidisiplin, Universitas Airlangga

*e-mail: m.aldo.setiawan@ftmm.unair.ac.id

Abstract

This community service activity focuses on implementing an automatic nutrient control system called Airoponik (Airlangga Robot Hydroponic) for hydroponic farmer groups in Panderejo hamlet, Gempol, East Java. The system was developed to address the challenges in maintaining precise nutrient concentrations in hydroponic systems, which is crucial for optimal plant growth. The Airoponik prototype integrates Total Dissolved Solids (TDS) sensors, temperature sensors, and an automated control system based on ESP32 microcontroller, enabling automatic adjustment of nutrient levels within a ±5% tolerance range. The implementation process included prototype development, laboratory testing, and technology dissemination to the community. Testing results demonstrated successful nutrient control at various target levels (400, 700, and 1000 ppm). In addition to the functionality of the Airoponik system, its compact, suitcase-style design facilitates easy installation and adjustment of the device in space-constrained environments. To ensure effectiveness, observations revealed that the aeroponic system required only 43% of the maintenance time compared to conventional systems. The community response was highly positive, with 88% of participants expressing interest in adopting the technology, and achieving dissemination impact scores of 4.2/5.0. The integration with existing solar-powered hydroponic systems proved successful, providing a sustainable solution for automated nutrient management without dependence on grid electricity.

Keywords: *Internet of Things; Automation; Precision Farming; Hydroponics; Robotics.*

Abstrak

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berfokus pada implementasi sistem kontrol nutrisi otomatis bernama Airoponik (Airlangga Robot Hidroponik) untuk kelompok tani hidroponik di Dusun Panderejo, Gempol, Jawa Timur. Sistem ini dikembangkan untuk mengatasi tantangan dalam mempertahankan konsentrasi nutrisi yang presisi pada sistem hidroponik, yang sangat penting bagi pertumbuhan optimal tanaman. Prototype Airoponik mengintegrasikan sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, dan sistem kontrol otomatis berbasis mikrokontroler ESP32, yang memungkinkan penyesuaian kadar nutrisi secara otomatis dalam rentang toleransi ±5%. Proses implementasi meliputi pengembangan

Received 18 November 2024; Received in revised form 4 June 2025; Accepted 18 June 2025; Available online 23 June 2025.

10.20473/jlm.v9i2.2025.249-269

Copyright: © by the author(s) **Open acces under CC BY-SA license**
Creative CommonsAttribution-ShareAlike 4.0 International License

prototype, pengujian laboratorium, dan diseminasi teknologi kepada masyarakat. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan kontrol nutrisi pada berbagai level target (400, 700, dan 1000 ppm). Selain fungsi dari Airoponik, desain yang kompak seperti koper jinjing memudahkan untuk mengatur pemasangan serta penyesuaian alat pada ruang yang terbatas. Untuk memastikan efektivitasnya, hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem Airoponik hanya membutuhkan 43% waktu pemeliharaan dibandingkan dengan sistem konvensional. Respon masyarakat juga sangat positif, dengan 88% peserta menyatakan minat mengadopsi teknologi ini, dan mencapai skor dampak diseminasi 4,2/5,0. Integrasi dengan sistem hidroponik tenaga surya yang telah ada terbukti berhasil, memberikan solusi berkelanjutan untuk manajemen nutrisi otomatis tanpa ketergantungan pada listrik PLN.
***Kata kunci**: Internet untuk Segala; Otomasi; Pertanian Presisi; Hidroponik; Robotika.*

PENDAHULUAN

Hidroponik adalah metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah, melainkan menggunakan larutan nutrisi. Keuntungan hidroponik sangat beragam dan signifikan. Salah satunya adalah efisiensi penggunaan air yang lebih baik dibandingkan dengan budidaya tanah konvensional (Syidiq 2022). Keberadaan hidroponik menjadi penting karena memiliki sejumlah keuntungan yang signifikan. Salah satunya adalah kemampuan untuk mengendalikan daerah perakaran tanaman dengan lebih mudah, serta memenuhi kebutuhan air dan nutrisi tanaman secara efisien dan terus-menerus (Mashumah and Kumala Pramartaningthyas 2022). Sistem hidroponik juga dapat menghemat luas lahan, mempermudah penanganan gulma dan serangan hama, serta menghasilkan produk dengan kualitas baik dan hasil panen yang lebih besar (Andani, Rahmawati, and Hayati 2020). Selain itu, metode ini juga memungkinkan tanaman tumbuh lebih cepat, menghasilkan produksi yang lebih tinggi, memiliki risiko serangan hama yang lebih rendah, serta dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi cuaca atau bencana alam (Asrori and Murdani 2023).

Meskipun hidroponik menawarkan banyak keuntungan seperti perawatan minimal, kemudahan perakitan, portabilitas, dan adaptabilitas di lahan terbatas, namun juga memiliki kelemahan seperti biaya yang tinggi dan kebutuhan akan keterampilan khusus. Biaya yang ditimbulkan adalah penggunaan listrik yang secara terus menerus diperlukan untuk dapat menghidupkan pompa air. Namun hal tersebut masih dapat diatasi dengan penggunaan sistem pembangkit panel surya *offgrid* yang diintegrasikan dengan sistem hidroponik seperti yang dilaksanakan di Kabupaten Pasuruan bersama dengan kelompok tani (Prastio et al. 2023).

Selain permasalahan sumber energi, beberapa kendala yang berpotensi muncul meliputi pengelolaan nutrisi tanaman, pengendalian hama dan penyakit, serta pengaturan pH air yang digunakan dalam sistem hidroponik (Kristianto et al. 2023). Pengelolaan nutrisi tanaman menjadi salah satu aspek penting dalam hidroponik karena tanaman hanya mendapatkan nutrisi dari larutan nutrisi yang disediakan, sehingga pengaturan nutrisi yang tepat sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal.

Oleh karena itu, sistem nutrisi otomatis dalam budidaya hidroponik dapat menjadi suatu solusi karena memberikan sejumlah manfaat yang signifikan. Pertama, sistem ini memungkinkan pengaturan nutrisi tanaman secara otomatis, yang dapat memastikan bahwa tanaman menerima nutrisi yang tepat dan konsisten sesuai dengan kebutuhan tanaman (Aprillia and Myori 2020). Dengan adanya kontrol otomatis, petani dapat memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang cukup tanpa risiko kekurangan

atau kelebihan nutrisi yang dapat merugikan pertumbuhan tanaman (Marisa, Carudin, and Ramdani 2021).

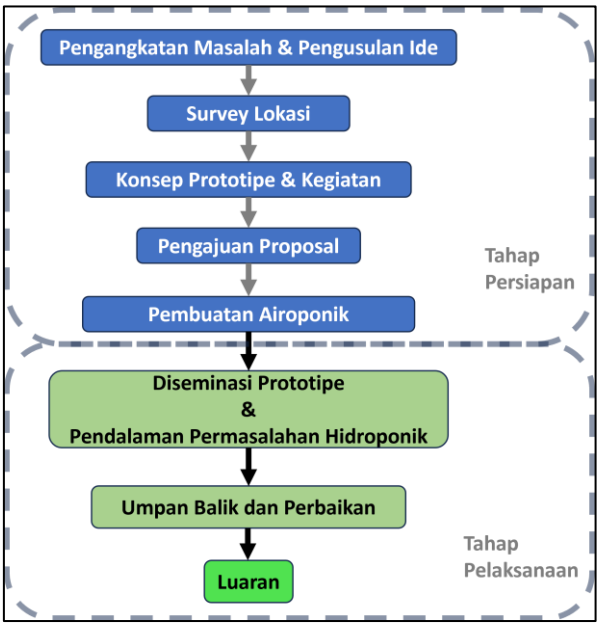
Penggunaan sistem nutrisi otomatis juga membantu dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dengan mengendalikan kadar nutrisi, keasaman, dan suhu udara secara otomatis sesuai dengan kebutuhan tanaman (Dani 2020). Hal ini dapat meningkatkan efisiensi dalam pemberian nutrisi, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan lebih baik dan menghasilkan hasil panen yang optimal. Penggunaan sistem nutrisi otomatis juga dapat mengurangi kesalahan manusia dalam pemberian nutrisi, karena sistem ini dapat bekerja secara terprogram dan konsisten (Asrori and Murdani 2023). Dengan demikian, sistem nutrisi otomatis membantu petani dalam merawat tanaman hidroponik dengan lebih efisien dan efektif.

Beberapa hal tersebut yang mendorong tim pengabdian Masyarakat FTMM UNAIR pada program studi Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan untuk membuat robot sistem nutrisi otomatis hidroponik "*Airoponik*" , dan mengaplikasikannya pada kelompok tani hidroponik Dusun Panderejo, Gempol. Nama dari airoponik sendiri merupakan singkatan dari *Airlangga Robot Hidroponik*.

Dengan penerapan Airoponik, diharapkan akan memudahkan petani hidroponik dengan berbagai kesibukan dan kegiatan akan lebih mudah mengelola dan mengoperasikan media tanam hidroponik. Integrasi dengan sistem sebelumnya yaitu pembangkit listrik tenaga surya dengan tambahan perangkat otomasi pada pemberian nutrisi membuat hidroponik yang diimplementasikan tidak hanya bebas tagihan listrik namun juga dapat beroperasi secara otomatis dengan nutrisi yang presisi dan kondisi media tanam yang terkontrol.

METODE PENGABDIAN MASYARAKAT

Terdapat 2 tahapan besar pada seluruh rangkaian pengabdian masyarakat yang dijalankan yaitu tahap persiapan dan pelaksanaan. Seluruh tahapan kegiatan beserta keterangan detil pada tiap kegiatan akan dijelaskan pada bagian ini.

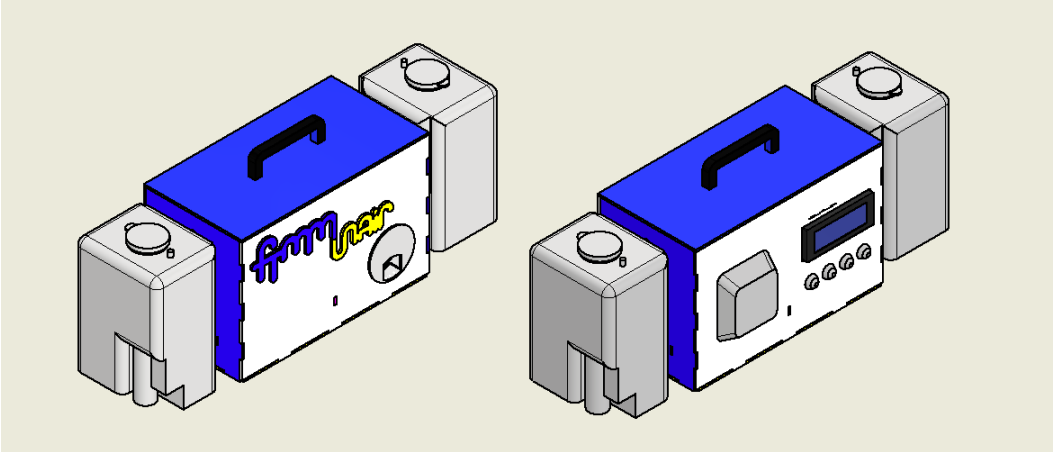


Gambar 1. Diagram Tahapan Kegiatan.

Pada tahap persiapan seluruh kegiatan dimulai sejak tim memulai untuk berdiskusi terkait permasalahan yang diangkat dan perumusan ide dasar prototipe sehingga menjadi tujuan dasar diadakannya kegiatan. Survey lokasi dari penerapan sistem hidroponik otomatis pada warga binaan menjadi umpan balik dalam merancang bagaimana konsep dari prototipe sistem airoponik.

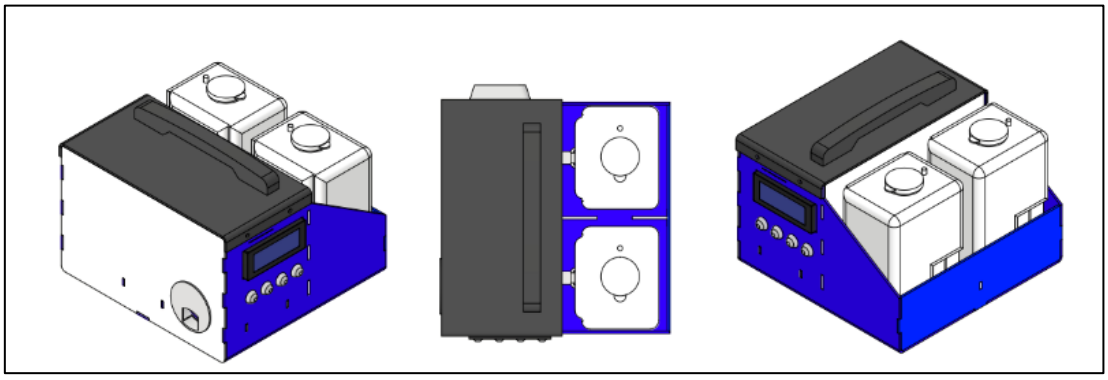
Sebelum di ajukannya proposal, tim pengabdian masyarakat telah dibentuk dan memulai mendesain Airoponik menjadi ide dasar seluruh kegiatan. Seluruh data yang dimiliki pada kegiatan pengabdian sebelumnya serta hasil survey dari kondisi real dari sistem hidroponik yang ada pada rumah-rumah warga binaan menjadi acuan untuk pembuatan. Sistem kelistrikan, volume pengairan, dan variasi dari konfigurasi hidroponik menjadi data awal untuk pembuatan prototipe *Airoponik.* Purwarupa dari sistem nutrisi otomatis ini memiliki fungsi agar menjadi suatu perangkat yang mudah untuk dioperasikan, namun juga bisa diaplikasikan di berbagai macam ukuran hidroponik dengan skala rumahan. Oleh karena itu konsep awal dari *Airoponik* berupa perangkat yang mudah dipindahkan, desain kompak ergonomis, serta mudah diaplikasikan di berbagai jenis sistem hidroponik.

Pembuatan Prototipe dari Airoponik dikerjakan di laboratorium Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan, FTMM, yang berada pada Gedung Nano Lantai 1 Kampus C Universitas Airlangga. Seluruh pengerjaan meliputi fabrikasi komponen tertentu hingga perakitan dilaksanakan dan dikerjakan oleh tim pengabdian masyarakat secara mandiri. Hal ini dikarenakan pembuatan Airoponik masih belum ada pada tahap produksi dengan jumlah besar. Ekspektasi adanya iterasi dan penyempurnaan saat pengembangan prototipe juga menjadi salah satu pertimbangan mengapa seluruh pengerjaan dilakukan di laboratorium.



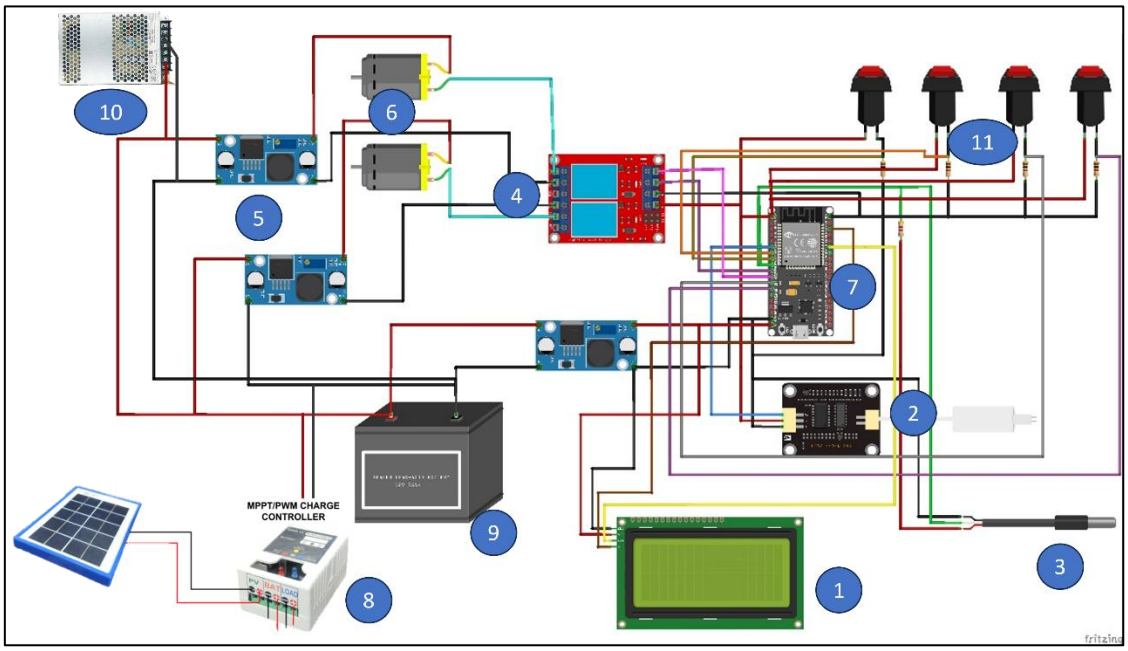
Gambar 2. Usulan Desain Awal Airoponik.

Rancangan dari prototipe *Airoponik* memiliki konsep yang mudah diaplikasikan serta memiliki bentuk yang mudah diangkat dan dipindahkan, sehingga akan mempermudah apabila digunakan untuk skala kecil. Terdapat tampilan layar alfanumerik berukuran 7,5x2,5cm agar dapat menampilkan menu pilihan dan juga parameter-parameter sederhana yang dapat dilihat secara langsung. Agar pengoperasian lebih simpel 4 tombol disematkan untuk melengkapi antarmuka dari sistem airoponik.



Gambar 3. Desain Final Airoponik untuk Kegiatan Desain Elektronik.

Pembuatan desain dari *Airoponik* dilakukan dengan software Autodesk Inventor, sehingga tim dapat membuat gambar detil yang menjadi acuan fabrikasi dari alat. Pemilihan bahan-bahan dan komponen juga sangat berkaitan erat dengan desain dari alat, sehingga hasil dari pembuatan alat akan sesuai dengan desain yang sudah direncanakan. Fabrikasi dari *body* penutup airoponik menggunakan akrilik, sehingga presisi, mudah dirakit dan sangat cocok digunakan untuk produk prototipe. Adanya 2 tangki nutrisi dikarenakan nutrisi dari hidroponik memiliki 2 jenis yang berbeda dan untuk mempertahankan kualitas dan dapat divariasikan rasio campuran maka dibuat tangki terpisah.



Gambar 4. Skema sistem elektronika pada Airoponik.

Desain keseluruhan dari sistem dapat direpresentasikan dengan skema rangkaian dari komponen-komponen utama yang digunakan di Airoponik pada Gambar 4. Berikut ini merupakan penjelasan komponen-komponen utama yang digunakan pada alat sesuai dengan penomoran pada gambar:

1. Layar LCD Alphanumeric 20x4
   Tampilan menu dari sistem akan ditampilkan dalam bentuk alfanumerik

sehingga dapat membuat sistem dapat diatur dengan metode yang lebih kompleks.

2. Sensor TDS
   Sensor ini sangat vital pada sistem sebagai acuan pengukuran TDS (Total Dissolve Solvent) yang digunakan sebagai representasi nutrisi pada pengairan hidroponik.
3. Sensor Suhu
   Sensor suhu digunakan sebagai acuan suhu, dimana titik ideal dari konsentrasi nutrisi juga perlu disesuaikan terhadap suhu dari cairan.
4. Modul Relay
   Modul ini digunakan sebagai pengontrol on/off pada motor pompa.
5. Regulator Tegangan Pompa
   Penggunaan regulator tegangan disesuaikan sebagai kalibrasi awal dari motor pompa, penyesuaian debit yang seragam perlu dilakukan dengan mengatur tegangan pada regulator agar masing-masing pompa mempunyai karakter debit yang sama,
6. Motor Pompa Mini
   Motor Pompa yang digunakan merupakan motor pompa mini dengan tegangan 12V, dengan maksimum debit 1L/menit.
7. Mikrokontroler ESP32
   Mikrokontroller yang digunakan merupakan jenis yang tepat untuk pengembangan lebih kompleks pada bidang *IoT*. ESP32 memiliki kemudahan dalam aksesibilitas jaringan, sehingga pengembangan jangka panjang lebih mudah dilakukan.
8. Solar Charger Controller
   Pada bagian ini merupakan tegangan luaran yang didapatkan langsung dari panel surya pada sistem hidroponik solar yang sudah berjalan. Sehingga sistem pada saat kondisi adanya matahari tidak menggunakan sumber daya dari baterai.
9. Baterai Solar Cell
   Baterai yang digunakan sebagai reservoir utama sumber daya listrik. Sistem akan menggunakan daya dari baterai apabila solar panel tidak sedang dalam kondisi menghasilkan listrik.
10. AC-DC Converter (opsional)
    Airoponik juga dapat disematkan sistem *power supply* dari sumber Listrik PLN 220V AC. Sehingga untuk sistem hidroponik yang tidak menggunakan sistem solar juga dapat menggunakan Listrik rumah pada umumnya. Konsumsi daya dari sistem ini relative, maksimum 20W saat semua pompa berjalan, dan 1–3W saat sistem idle.
11. Push Button Pengguna (menu)
    Input pengguna langsung pada alat digunakan untuk memudahkan pengguna dalam mengatur parameter-parameter yang perlu diubah, seperti metode kontrol, ukuran sistem pengairan (liter), menggeser tampilan parameter, pengecekan/troubleshooting, dan berbagai fitur-fitur yang dapat disematkan

ke sistem Airoponik.

Tahapan pengujian dari sistem dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan. Tim membuat simulasi hidroponik yang sesuai dengan hasil survey dimana warga memiliki sistem hidroponik yang serupa, sehingga pada saat pelaksanaan dan pemasangan saat kegiatan tidak ada kendala penyesuaian. Pengaturan eksperimen dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sistem terhadap perubahan nutrisi. Parameter yang menjadi tolak ukur adalah apakah sistem mampu mengatur TDS mencapai nilai TDS yang ditentukan dengan toleransi sebesar 5%, dan seberapa cepat sistem dapat mengatur nilai TDS yang merupakan representasi dari Tingkat kekentalan nutrisi dari sistem pengairan hidroponik.

Berikut ini merupakan beberapa metode pengujian yang dilakukan untuk verifikasi kemampuan pengaturan dosis nutrisi pada Airoponik:

a. Mengatur kontrol pada TDS 400ppm, 700ppm , dan 1000ppm.
b. Menguji kecepatan sistem sampai pada nilai ppm yang ditentukan.
c. Menguji sistem elektronik dan mekanik pada sistem secara keseluruhan.

Pengujian tersebut berdasarkan referensi yang sudah dilakukan pada sistem pengatur dosis nutrisi yang pernah dilaksanakan pada percobaan yang dilaksanakan sebelumnya dengan pemanfaatan web server (Suseno, Munandar, and Priyono 2020).

Untuk rencana kegiatan yang akan dilaksanakan pada saat hari H dibagi menjadi 2, yaitu diseminasi hasil inovasi Airoponik yang akan dijelaskan pada warga peserta diseminasi dan selanjutnya adalah praktek pemasangan dan demonstrasi bagaimana airoponik diaplikasikan pada hidroponik.

Pada tahap akhir dari kegiatan ini, umpan balik dari hasil pemasangan *Airoponik* akan menjadi masukan untuk menyempurnakan luaran prototipe dari hasil kegiatan ini. Umpan balik dari kegiatan berupa pengisian kuesioner survey dalam bentuk *google form* pada tautan berikut : https://forms.gle/yFL9o13mHHmf7Dw96 , atau pada *QR Code Link* berikut ini agar memudahkan peserta.

Gambar 5. *QR Code* Pengisian survey, untuk memudahkan peserta diseminasi.

Berikut ini merupakan isian substansi dari survey diseminasi teknologi Airoponik yang dapat terlihat pada Gambar 6.

a

KUESIONER EVALUASI DISEMINASI ROBOT DISPENSER NUTRISI OTOMATIS (AIROPONIK)

A. IDENTITAS RESPONDEN

1. Nama Lengkap : _____
2. Usia : ____ tahun
3. Jenis Kelamin:
   - ☐ Laki-laki
   - ☐ Perempuan
4. Pendidikan Terakhir:
   - ☐ SD/Sederajat
   - ☐ SMP/Sederajat
   - ☐ SMA/Sederajat
   - ☐ D3/S1
   - ☐ S2/S3
5. Pengalaman Bertani Hidroponik:
   - ☐ < 1 tahun
   - ☐ 1-3 tahun
   - ☐ 3-5 tahun
   - ☐ > 5 tahun

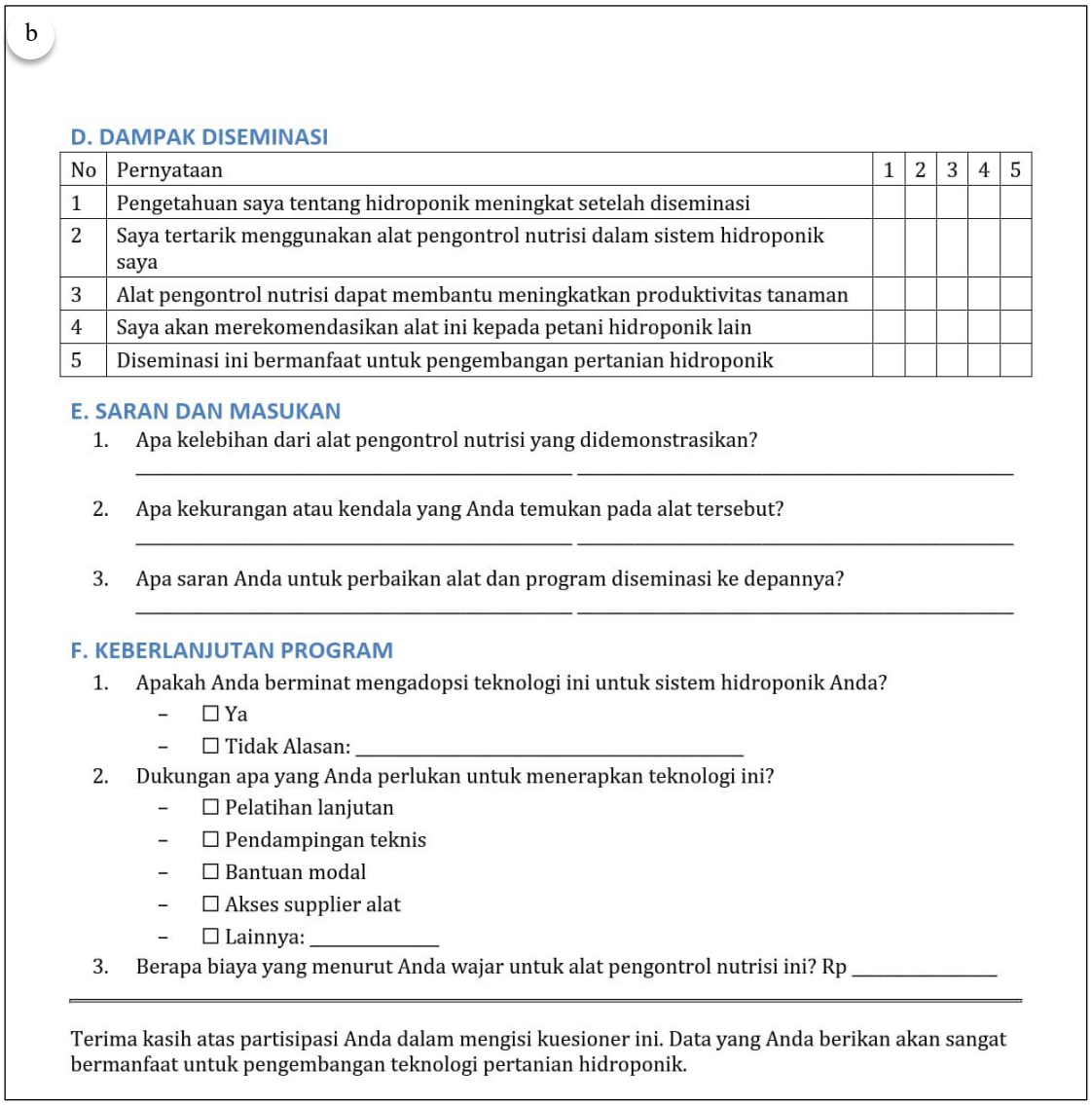
B. PEMAHAMAN MATERI DISEMINASI

Petunjuk: Berikan tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan pendapat Anda (1: Sangat Tidak Setuju, 2: Tidak Setuju, 3: Netral, 4: Setuju, 5: Sangat Setuju)

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Saya memahami pentingnya pengontrolan nutrisi dalam sistem hidroponik					
2	Saya memahami cara kerja alat pengontrol nutrisi yang didemonstrasikan					
3	Saya dapat mengoperasikan alat pengontrol nutrisi secara mandiri					
4	Saya memahami cara membaca dan menginterpretasi hasil pengukuran nutrisi					
5	Saya memahami cara melakukan kalibrasi alat pengontrol nutrisi					

C. EVALUASI PRODUK

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Alat pengontrol nutrisi mudah dioperasikan					
2	Tampilan hasil pengukuran mudah dibaca dan dipahami					
3	Alat memiliki akurasi pengukuran yang baik					
4	Alat memiliki respon pengukuran yang cepat					
5	Konstruksi alat kokoh dan tahan lama					
6	Harga alat terjangkau dan sesuai dengan manfaatnya					



b

D. DAMPAK DISEMINASI

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Pengetahuan saya tentang hidroponik meningkat setelah diseminasi					
2	Saya tertarik menggunakan alat pengontrol nutrisi dalam sistem hidroponik saya					
3	Alat pengontrol nutrisi dapat membantu meningkatkan produktivitas tanaman					
4	Saya akan merekomendasikan alat ini kepada petani hidroponik lain					
5	Diseminasi ini bermanfaat untuk pengembangan pertanian hidroponik					

E. SARAN DAN MASUKAN

1. Apa kelebihan dari alat pengontrol nutrisi yang didemonstrasikan?
   _____ _____
2. Apa kekurangan atau kendala yang Anda temukan pada alat tersebut?
   _____ _____
3. Apa saran Anda untuk perbaikan alat dan program diseminasi ke depannya?
   _____ _____

F. KEBERLANJUTAN PROGRAM

1. Apakah Anda berminat mengadopsi teknologi ini untuk sistem hidroponik Anda?
   - ☐ Ya
   - ☐ Tidak Alasan: _____
2. Dukungan apa yang Anda perlukan untuk menerapkan teknologi ini?
   - ☐ Pelatihan lanjutan
   - ☐ Pendampingan teknis
   - ☐ Bantuan modal
   - ☐ Akses supplier alat
   - ☐ Lainnya: _____
3. Berapa biaya yang menurut Anda wajar untuk alat pengontrol nutrisi ini? Rp _____

Terima kasih atas partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan sangat bermanfaat untuk pengembangan teknologi pertanian hidroponik.

Gambar 6. Detail Kuesioner Evaluasi pada Kegaiatan Diseminasi Airoponik; (a) Bagian awal kuesioner dan (b) Bagian akhir kuesioner.

Untuk mendapatkan umpan balik data agar efektivitas penggunaan Airoponik dapat terukur, maka Airoponik yang telah diterapkan perlu mengisi tabel laporan waktu penggunaan dan pemeliharaan, sehingga dapat dibandingkan dengan metode konvensional. Laporan pemeliharaan perlu diisi oleh pengguna apabila Airoponik mengalami kondisi kehabisan air nutrisi, nilai TDS diluar ambang, permintaan penggantian air, maupun sistem yang tidak berfungsi. Waktu yang dibutuhkan dalam pemeliharaan sistem akan dicatat untuk dibandingkan dengan waktu kerja pemeliharaan rutin pada hidroponik konvensional. Dengan adanya data ini evaluasi terkait efektivitas penggunaan Airoponik dapat dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan akan meliputi bagaimana hasil dari pembuatan dari prototipe Airoponik beserta bagaimana pengujian berlangsung, dan bagaimana pelaksanaan dari

kegiatan berlangsung. Penyampaian hasil dari 2 perspektif, yaitu bagaimana hasil luaran alat, dan bagaimana dari pelaksanaan yang berlangsung disampaikan secara runtut sesuai dengan alur waktu. Hasil akan ditampilkan berupa data-data yang didapat baik dari alat maupun bagaimana respon dari warga terkait dengan adanya teknologi inovasi Airoponik yang telah dibuat.

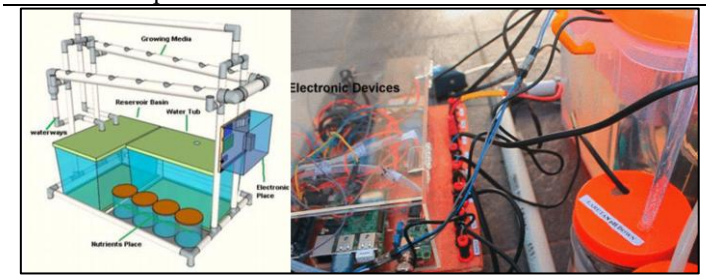
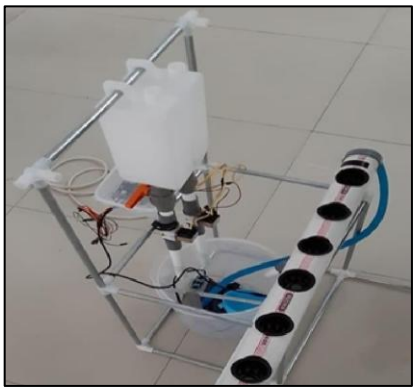
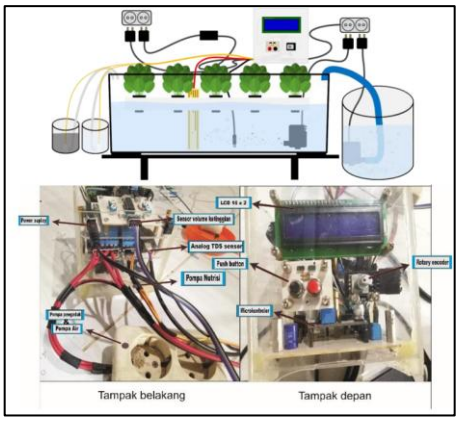
Hasil Alat (Prototipe)

Alat yang dihasilkan dari rangkaian kegiatan memiliki revisi sebanyak 2 kali dimana revisi tersebut meliputi bagian dari mekanik atau body, serta bagaimana konfigurasi elektronika dari sistem. Hasil akhir dari robot Airoponik yang digunakan untuk kegiatan yaitu berdasarkan dari desain pada Gambar 3. Hasil prototipe yang telah melalui beberapa tahap revisi desain mempertimbangkan kemudahan alat untuk digunakan pada hidroponik skala rumah. Desain dari alat terintegrasi dan mudah dipindahkan hanya menyesuaikan untuk memasukkan selang serta probe pada penampungan air hidroponik.

Gambar 7. Hasil dari prototipe Airoponik yang diujikan di laboratorium Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan.

Dari segi kemudahan untuk pengguna, apabila dibandingkan dengan beberapa prototipe sistem nutrisi otomatis saat ini dapat dilihat perbandingan dengan beberapa referensi pada Tabel 1. Dari beberapa referensi prototipe sistem nutrisi otomatis dapat dibandingkan dari segi perancangan prototipe dimana *Airoponik* memiliki kelebihan dari desain yang sudah terintegrasi berbeda dengan hasil prototipe pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 dimana yang dapat merepresentasikan bagaimana umumnya sistem nutrisi otomatis diaplikasikan pada sistem hidroponik yang memiliki kelemahan dalam kemudahan dalam integrasi dengan sistem yang sudah ada, bahkan memang memerlukan sistem hidroponik yang sudah diatur sejak awal. Adapun dapat terlihat pada Gambar 11 untuk versi komersil yang bisa didapatkan pada toko online, dimana pada prototipe tersebut memerlukan pengaturan sistem yang cukup kompleks dan memerlukan integrasi beberapa komponen yang harus disesuaikan dengan sistem hidroponik yang akan diaplikasikan.

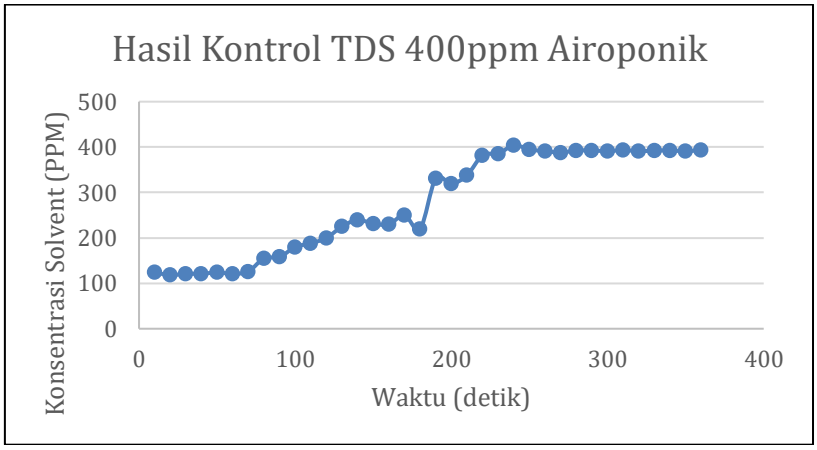
Tabel 1. Beberapa prototipe sistem nutrisi otomatis sebagai komparasi terhadap Airoponik.

Hasil Prototipe Sistem	Keterangan
 Gambar 8. Prototipe dari *"Hommons: Hydroponic management and monitoring system for an IOT based NFT farm using web technology"*(Crisnapati et al. 2017).	Produk berikut menunjukkan sistem yang mirip dengan sistem dari *Airoponik*, yaitu sistem nutrisi yang dapat memonitor kualitas sistem pengairan serta mengatur nutrisi yang diberikan.
 Gambar 9. Prototipe dari *"Design of an Automatic Nutrition System for Hydroponic Plants with an IoT-based NodeMCU Microcontroller"*(Maulana and Sidik 2019).	Produk dengan kegunaan yang sama seperti *Airoponik* serta mikrokontroler yang sama namun dengan sistems server IOT dari *blynk*. Mampu mengatur nutrisi dengan sistem hidroponik yang secara khusus disesuaikan dengan sistem tersebut.
 Gambar 10. Prototipe dari *"Sistem Pemberian Nutrisi Tanaman Sayuran Hidroponik Otomatis Berbasis Arduino"*(Agus, Akhsa, and Yunus 2023).	Produk menggunakan sistem hidroponik DFT sebagai objek sistem yang dikontrol. Menggunakan interface layar lcd untuk memudahkan pengguna dalam mengatur parameter, sama seperti Airoponik, namun seluruh komponen masih belum terintegrasi sehingga bukanlah sistem kompak yang mudah dioperasikan pengguna awam.

Gambar 11. Sistem Nutrisi Otomatis yang djual pada toko online.(2023).

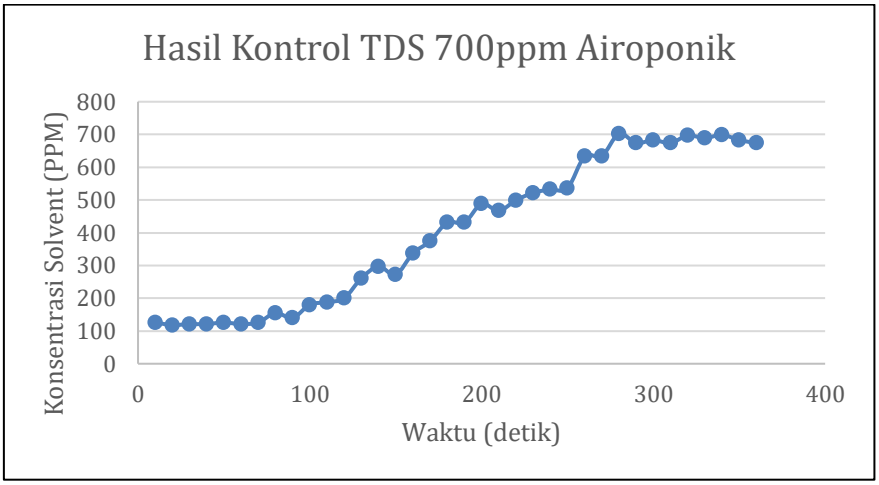
Produk komersil yang dapat ditemukan pada toko online. Memiliki fungsi dan sensor yang serupa dengan *Airoponik*. Produk sudah siap untuk diimplementasikan pada berbagai jenis ekosistem hidroponik, namun membutuhkan keterampilan untuk mengintegrasikan sistem serta pengaturan yang kompleks dengan komponen-komponen yang terpisah.

Sesuai dengan metode yang telah dijelaskan, pengujian dari sistem Airoponik menghasilkan grafik respon dari sistem yang dikontrol, yaitu bagaimana jumlah ppm yang terkandung pada pengairan hidroponik. Dapat terlihat dimulai pada Gambar 12, dimana untuk target ppm yang lebih kecil, sistem dapat mencapai nilai yang ditentukan lebih cepat, di mana menembus 400ppm. Secara otomatis dengan adanya respon dari sensor TDS membaca lebih dari 400ppm, maka Airoponik tidak lagi mengalirkan nutrisi pada bak penampungan, sehingga sistem pengairan secara perlahan menyebarkannya dengan adanya pompa untuk memutar air melewati pipa hidroponik. Sehingga hasil bacaannya perlahan akan menurun.



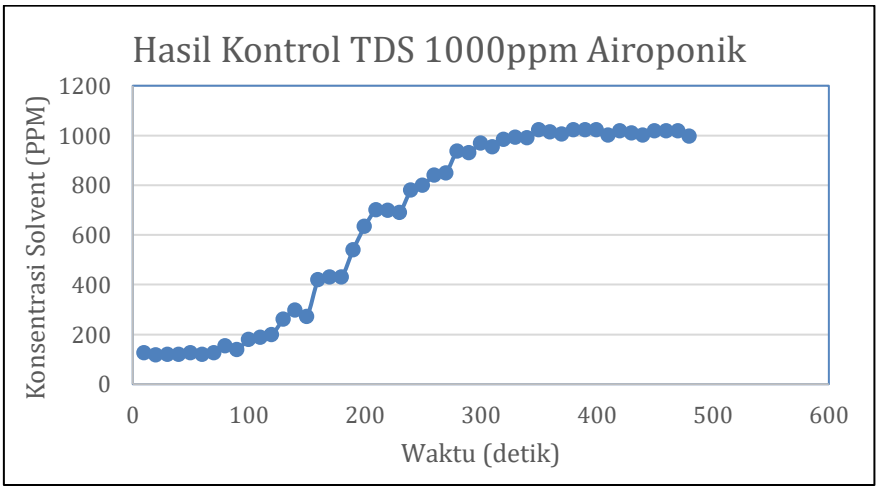
Gambar 12. Grafik respon kontrol nutrisi 400ppm pada sistem Airoponik pada sistem pengairan Hidroponik 17 L.

Apabila penurunan melebihi dari 5 persen dari target, maka motor pompa akan sedikit memberikan kompensasi nutrisi sehingga dapat mempertahankan kadar sesuai pengaturan dari pengguna. Dapat terlihat pada hasil respon kontrol pada ppm yang lebih tinggi maka waktu yg dibutuhkan untuk menyesuaikan juga semakin lama. Terjadinya kendala saat sistem diatur untuk 1000ppm, dikarenakan sensor yang digunakan saat ini hanya mampu mendeteksi 1000ppm, sehingga adanya kemungkinan galat yang muncul apabila lebih dari 1000ppm.



Gambar 13. Grafik respon kontrol nutrisi 700ppm pada sistem Airoponik pada sistem pengairan Hidroponik 17 L.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan untuk melihat efektivitas penggunaan *Airoponik*, perawatan media hidroponik secara manual juga disimulasikan dan didapatkan data waktu yang diperlukan untuk beberapa kegiatan perawatan. Perawatan untuk memastikan nilai nutrisi dengan melakukan pemberian campuran 2 nutrisi serta pengecekan secara manual menggunakan TDS meter diperlukan waktu paling cepat 60 menit dikarenakan perlunya untuk menunggu seluruh cairan bercampur dengan nutrisi, dan pengukuran dilakukan beberapa kali.



Gambar 14. Grafik respon kontrol nutrisi 700ppm pada sistem Airoponik pada sistem pengairan Hidroponik 17 L.

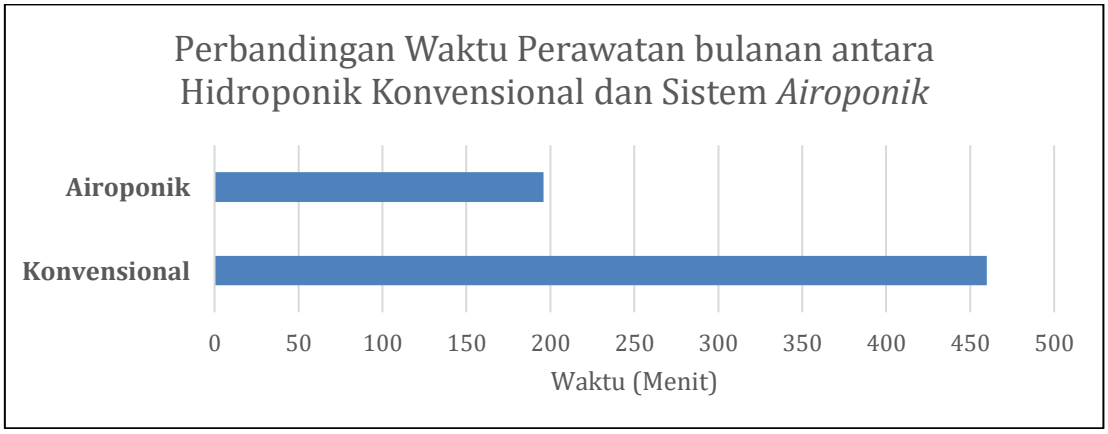
Selain itu pengecekan PH Air serta melakukan pengamatan singkat secara berkala pada sistem aliran Hidroponik NFT perlu dilakukan tiap minggu nya. Hal ini perlu dilakukan karena untuk mendapatkan pertumbuhan optimal, dalam waktu kurang dari 1 hari , penurunan TDS berdasarkan percobaan dapat berkurang hingga lebih dari 50% berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. dari referensi penelitian ini juga dapat terlihat bagaimana beda dari system dengan pengontrolan TDS dengan system hidroponik konvensional (Putra et al. 2024). Sehingga pengecekan TDS serta pengkondisian nutrisi

perlu dilakukan setiap hari untuk mencapat pertumbuhan optimal.

Tabel 2. Perbandingan data waktu kegiatan rutin dalam pemeliharaan hidroponik.

Kegiatan Rutin	Konvensional		Airoponik	
	Per-minggu (Menit)	Per-Bulan (Menit)	Per-minggu (Menit)	Per-Bulan (Menit)
Pemberian nutrisi dengan memastikan nilai PPM sesuai target	60	240	0	0
Pengecekan PH Air	10	40	0	0
Inspeksi aliran	5	20	0	0
Pembersihan Reservoir (Bak)	30	120	30	120
pengaturan PH sistem	10	40	5	20
Pengecekan Sistem Monitoring	0	0	14	56
Total Perbandingan Waktu	115	460	49	196

Dapat terlihat pada Tabel 2, total waktu yang dibutuhkan dalam tiap minggu nya untuk perawatan sekitar 115 menit. Berbeda dengan sistem Airoponik, waktu pemberian nutrisi dan pengecekan nilai TDS secara berkala yang memakan cukup banyak waktu dapat ditiadakan karena sistem bekerja secara otomatis, walaupun begitu karena *Airoponik* masih belum memiliki sistem untuk mengontrol PH, maka apabila adanya kondisi PH yang tidak sesuai tetap diberikan alokasi waktu untuk memberikan cairan penyeimbang PH dengan takaran yang sudah direkomendasikan dari sistem. Waktu tambahan yang tidak perlu dilakukan dengan sistem konvensional yaitu melihat sistem monitoring secara online, dimana waktu yang dialokasikan untuk mengecek hanya 2 menit, untuk memonitor berbagai parameter. Namun untuk kedua sistem baik manual maupun dengan sistem *Airoponik* diperlukan perawatan khusus untuk membersihkan bak reservoir cairan untuk mencegah bakteri maupun pertumbuhan alga berlebih yang dapat mengganggu sistem pada hidroponik (Ekaria 2019). Bedasarkan pengamatan dan analisa yang telah dilakukan terkait penggunaan sistem Airoponik, didapatkan efisiensi waktu sebanyak 57% lebih rendah dibandingkan sistem konvensional yang dapat terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik perbandingan waktu pemeliharaan antara sistem Hidroponik NFT Konvensional dan Airoponik.

Hasil Kegiatan

Hasil dari kegiatan dibagi menjadi dua, yaitu hasil pelaksanaan dari pemasangan pada hidroponik warga, serta pelaksanaan diseminasi dengan output feedback dari masyarakat yang menekuni atau tertarik dengan hidroponik.

Gambar 16. Pelaksanaan diseminasi inovasi *Airoponik* pada warga dusun Panderejo.

Setelah dilaksanakannya diseminasi teknologi Airoponik, evaluasi keberhasilan program dilakukan melalui kuesioner yang mencakup beberapa aspek penting. Dari total 27 responden yang berpartisipasi, data menunjukkan distribusi demografi yang beragam dengan 59% laki-laki dan 41% perempuan. Latar belakang pendidikan peserta bervariasi dengan mayoritas (48%) memiliki pendidikan SMA/Sederajat, diikuti oleh SMP/Sederajat (30%), SD/Sederajat (15%), dan D3/S1 (7%). Keberagaman ini menunjukkan bahwa teknologi Airoponik dapat diterima oleh berbagai lapisan masyarakat.

Dalam aspek pemahaman materi diseminasi, peserta menunjukkan tingkat pemahaman yang baik terhadap pentingnya pengontrolan nutrisi dan cara kerja alat. Evaluasi menunjukkan bahwa materi yang disampaikan dapat dipahami dengan baik, tercermin dari kemampuan peserta dalam mengoperasikan alat secara mandiri dan menginterpretasi hasil pengukuran nutrisi.

Evaluasi produk menunjukkan hasil yang memuaskan dengan skor rata-rata 3.9 dari 5.0. Peserta memberikan apresiasi tinggi terutama pada aspek kemudahan pengoperasian alat dan keterbacaan tampilan hasil pengukuran. Konstruksi alat dinilai kokoh dan respon pengukuran yang cepat mendapat tanggapan positif dari peserta. Aspek keterjangkauan harga juga mendapat perhatian khusus dalam evaluasi, mengindikasikan potensi adopsi teknologi yang lebih luas.

Gambar 17. Visualisasi dari Hasil Evaluasi Program Diseminasi Airoponik.

Dampak diseminasi mencatat skor tertinggi dengan rata-rata 4.2 dari 5.0, menunjukkan efektivitas program dalam meningkatkan pengetahuan dan minat peserta terhadap teknologi hidroponik. Sebanyak 88% responden menyatakan berminat mengadopsi teknologi yang didemonstrasikan, dengan mayoritas meyakini bahwa teknologi ini dapat membantu meningkatkan produktivitas tanaman mereka.

Melalui bagian saran dan masukan, peserta mengidentifikasi beberapa kelebihan sistem seperti kemudahan penggunaan, akurasi pengukuran, dan integrasi dengan sistem tenaga surya. Beberapa saran konstruktif juga diterima, terutama terkait dengan kebutuhan akan pelatihan lanjutan dan pendampingan teknis dalam implementasi sistem.

Dalam aspek keberlanjutan program, responden mengindikasikan kebutuhan akan dukungan tambahan dalam bentuk pelatihan lanjutan (45%), pendampingan teknis (30%), dan akses ke supplier alat (15%). Hal ini menunjukkan pentingnya program pendampingan berkelanjutan untuk memastikan keberhasilan implementasi teknologi di lapangan.

Gambar 18. Penerapan Airoponik di sistem hidroponik berbasis solar panel pada warga binaan.

Demonstrasi dan pemasangan Airoponik dilakukan pada sistem hidroponik yang telah terintegrasi dengan panel surya di salah satu rumah warga binaan. Proses implementasi dilakukan secara bertahap dengan melibatkan partisipasi aktif dari pemilik sistem hidroponik untuk memastikan transfer pengetahuan yang efektif. Pemasangan dilakukan pada sistem hidroponik dengan kapasitas pengairan 17 L, yang merupakan ukuran umum untuk skala rumah tangga.

Hasil pemasangan menunjukkan sistem Airoponik dapat terintegrasi dengan baik pada infrastruktur yang ada. Pengujian langsung di lokasi menunjukkan sistem mampu melakukan pembacaan nilai TDS awal dan melakukan penyesuaian nutrisi secara otomatis sesuai dengan target yang ditetapkan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai stabilisasi nutrisi berkisar antara 15-20 menit, dengan fluktuasi yang minimal setelah sistem mencapai nilai target.

Integrasi dengan sistem panel surya existing berjalan lancar, dengan konsumsi daya Airoponik yang relatif rendah (maksimum 20W saat semua pompa berjalan) dapat dipenuhi oleh sistem solar yang ada. Selama demonstrasi, sistem berhasil mempertahankan operasi secara konsisten baik saat menggunakan daya langsung dari panel surya maupun dari baterai.

Pada sesi demonstrasi, peserta diajarkan cara mengoperasikan sistem melalui antarmuka 4 tombol dan layar LCD. Proses kalibrasi awal, pengaturan target nutrisi, dan pemantauan parameter dapat dipahami dengan baik oleh peserta. Fitur kompensasi otomatis yang memberikan nutrisi tambahan saat terdeteksi penurunan lebih dari 5% dari target mendapat apresiasi khusus dari peserta karena mengurangi kebutuhan monitoring manual.

Monitoring pasca pemasangan selama periode awal menunjukkan sistem mampu mempertahankan stabilitas nutrisi dalam rentang yang diinginkan. Data log dari sistem menunjukkan variasi nutrisi yang minimal dan respon kompensasi yang tepat saat terjadi penyimpangan, mengkonfirmasi kehandalan sistem dalam kondisi operasional nyata. Selama Airoponik diimplementasikan, masukan umpan balik sebagai efektivitas penggunaan juga didapatkan dengan melakukan analisa dari hasil pengamatan waktu pemeliharaan yang dibutuhkan user dibandingkan dengan melakukan pemeliharaan secara manual.

Demonstrasi pemasangan yang telah dilakukan juga menghasilkan beberapa masukan penting untuk pengembangan sistem ke depan, terutama terkait dengan adaptabilitas sistem terhadap berbagai konfigurasi hidroponik dan kebutuhan akan fitur tambahan seperti logging data jangka panjang dan notifikasi status sistem. Feedback langsung dari pengguna selama proses demonstrasi dan pemasangan menjadi masukan berharga untuk penyempurnaan sistem di masa mendatang.

PENUTUP

Simpulan. Pengabdian masyarakat melalui implementasi sistem nutrisi otomatis Airoponik pada kelompok tani hidroponik di Dusun Panderejo, Gempol telah berhasil dilaksanakan dengan beberapa capaian penting. Pertama, dari segi teknis, prototype Airoponik berhasil menunjukkan performa yang baik dalam mengontrol nutrisi hidroponik dengan tingkat akurasi dalam rentang toleransi ±5% pada pengujian di berbagai level nutrisi (400 ppm, 700 ppm, dan 1000 ppm). Sistem berhasil mempertahankan stabilitas nutrisi dan mampu memberikan kompensasi otomatis ketika terjadi penurunan kadar nutrisi.

Kedua, dari aspek implementasi, integrasi Airoponik dengan sistem panel surya yang telah ada berjalan dengan baik, memungkinkan operasi berkelanjutan tanpa bergantung pada listrik PLN. Walaupun masih banyak yang perlu dikembangkan, dibandingkan dengan berbagai pemanfaatan teknologi berdasarkan referensi baik dari penelitian maupun produk komersil saat ini, sistem *Airoponik* memiliki desain yang kompak, mudah disesuaikan pada berbagai konfigurasi hidroponik, serta pengaturan yang fleksibel membuat sistem ini memiliki potensi yang cukup tinggi untuk komersialisasi. Hal ini merupakan implementasi nyata agar masyarakat yang lebih luas dapat menikmati perkembangan teknologi terbaru pada bidang hidroponik.

Ketiga, dari segi efektivitas juga telah dilakukan pengamatan dan analisa pada aspek waktu yang dibutuhkan dalam pemeliharaan antara sistem hidroponik NFT konvensional serta sistem pada Airoponik. Telah didapatkan peningkatan efektivitas waktu pemeliharaan dimana dibandingkan dengan metode hidroponik konvensional, penggunaan *Airoponik* mampu menekan waktu kerja pemeliharaan sebesar 57%, dimana waktu pemeliharaan menjadi tidak sampai dari setengahnya. Sehingga tidak hanya mendapatkan fitur *precision farming* yang telah terbukti meningkatkan efektivitas hasil tanaman, namun pengguna mendapatkan efisiensi waktu dalam pemeliharaan.

Terakhir, dari sisi penerimaan masyarakat, hasil survey menunjukkan tingkat penerimaan yang sangat baik dengan 88% responden menyatakan berminat mengadopsi teknologi ini. Skor dampak diseminasi yang mencapai 4.2/5.0 dan evaluasi produk 3.9/5.0 mengindikasikan keberhasilan transfer teknologi kepada masyarakat sasaran. Data dari hasil survey juga menunjukkan kalangan muda dengan pendidikan dasar hingga pendidikan tinggi mampu memahami bagaimana alat bekerja secara umum dan manfaatnya.

Saran. Pengembangan prototype Airoponik ke depannya perlu mempertimbangkan peningkatan kapasitas sensor TDS yang saat ini masih terbatas. Pengembangan sistem monitoring berbasis IoT memanfaatkan kapabilitas ESP32 juga diperlukan untuk mengembangkan desain antarmuka untuk pemantauan jarak jauh.

Penambahan fitur logging data akan sangat bermanfaat untuk analisis pertumbuhan tanaman jangka panjang dan optimasi sistem.

Untuk penerapan dalam skala yang lebih luas, diperlukan uji implementasi pada berbagai ukuran sistem hidroponik untuk mengetahui adaptabilitas sistem. Program pelatihan yang lebih terstruktur juga diperlukan untuk memastikan transfer pengetahuan yang efektif kepada pengguna. Pembentukan komunitas pengguna Airoponik dapat menjadi wadah untuk berbagi pengalaman dan praktik terbaik dalam penggunaan sistem.

Melihat tingginya minat adopsi teknologi ini, terbuka peluang untuk komersialisasi dengan memperhatikan standardisasi proses produksi untuk manufaktur skala lebih besar. Pengembangan varian produk yang disesuaikan dengan berbagai kebutuhan pengguna serta strategi pricing yang mempertimbangkan keterjangkauan bagi petani hidroponik skala kecil menjadi aspek penting untuk dipertimbangkan. Pembentukan kerjasama dengan komunitas hidroponik dan distributor pertanian dapat membantu memperluas jangkauan implementasi teknologi ini. Dalam setiap pengembangan selanjutnya, penting untuk tetap mempertahankan aspek kemudahan penggunaan dan keberlanjutan yang menjadi keunggulan utama sistem Airoponik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Airlangga yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui skema Pengabdian kepada Masyarakat Internal UNAIR. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Teknologi Maju dan Multidisiplin yang telah memberikan dukungan pendanaan tambahan serta fasilitas laboratorium, khususnya Program Studi Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan yang telah menyediakan dukungan teknis selama pengembangan prototype Airoponik. Selain dukungan dari para pimpinan fakultas, keberhasilan kegiatan ini tidak lepas dari peran aktif yang luar biasa dari mahasiswa tim pengabdian masyarakat, dosen-dosen TRKB, serta kelompok tani hidroponik Dusun Panderejo, Gempol sebagai mitra masyarakat yang telah bersedia menjadi tempat implementasi dan memberikan masukan berharga untuk penyempurnaan sistem. Apresiasi mendalam juga diberikan kepada seluruh peserta diseminasi yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, Muh, Alvian Tri Putra Darti Akhsa, and Sitti Rahma Yunus. 2023. "Perancangan Sistem Pemberian Nutrisi Tanaman Sayuran Hidroponik Otomatis Berbasis Arduino." *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali)* 8, no. 4 (November): 248–58. https://doi.org/10.33772/jfe.v8i4.138.

Andani, Riska, Marai Rahmawati, and Mardhiah Hayati. 2020. "Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Cabai Akibat Jenis Media Tanam Dan Varietas Secara Hidroponik Substrat." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 5, no. 2 (May): 1–10. https://doi.org/10.17969/jimfp.v5i2.14764.

Aprillia, Syafa, and Dwiprima Elvanny Myori. 2020. "Pengontrolan Electro Conductivity

Pada Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Arduino." *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia* 1, no. 2 (December): 261–65. https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.89.

Asrori, Muhamad, and M Harist Murdani. 2023. "Sistem Pemberian Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino." *Journal of System Engineering and Technological Innovation (JISTI)* 2, no. 01 (April): 91–99. https://doi.org/10.38156/jisti.v2i01.37.

Crisnapati, Padma Nyoman, I Nyoman Kusuma Wardana, I Komang Agus Ady Aryanto, and Agus Hermawan. 2017. "Hommons: Hydroponic Management and Monitoring System for an IOT Based NFT Farm Using Web Technology." In *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/CITSM.2017.8089268.

Dani, Akhmad Wahyu. 2020. "Optimalisasi Pertumbuhan Pada Sayuran Hidroponik Nutrient Film Technique Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things." *Jurnal Teknologi Elektro* 11, no. 1 (February): 1. https://doi.org/10.22441/jte.2020.v11i1.001.

Dewata Innovative. 2023. "Jual Alat Pengontrol PH Dan Nutrisi Hidroponik Berbasis Web Server - Kota Denpasar - Dewata Innovative | Tokopedia." E-Commerce. Tokopedia. February 15, 2023. https://www.tokopedia.com/dewatabot/alat-pengontrol-ph-dan-nutrisi-hidroponik-berbasis-web-server?aff_unique_id=&channel=others&chain_key=.

Ekaria, Ekaria. 2019. "Analisis Usahatani Sayuran Hidroponik Di PT. Kusuma Agrowisata." *BIOSAINSTEK* 1, no. 01 (July): 16–21. https://doi.org/10.52046/biosainstek.v1i01.208.

Kristianto, Aditya, Christopher Alexander Chai, Derick Chainatra, Karen Onggie, and Winar Joko Alexander. 2023. "Penerapan Smart Greenhouse Untuk Optimalisasi Hasil Pertanian Hidroponik Dengan Implementasi IoT Dan Machine Learning Di Syifa Hidroponik." *Dst* 3, no. 2 (November): 225–33. https://doi.org/10.47709/dst.v3i2.3010.

Marisa, Marisa, Carudin Carudin, and Ramdani Ramdani. 2021. "Otomatisasi Sistem Pengendalian Dan Pemantauan Kadar Nutrisi Air Menggunakan Teknologi NodeMCU ESP8266 Pada Tanaman Hidroponik." *Jurnal Teknologi Terpadu* 7, no. 2 (December): 127–34. https://doi.org/10.54914/jtt.v7i2.430.

Mashumah, Siti, and Ellys Kumala Pramartaningthyas. 2022. "SISTEM MONITORING TANAMAN PAKCOY HIDROPONIK NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT) BERBASIS INTERNET oF THINGS." *MULTITEK INDONESIA* 16, no. 1 (August): 47–60. https://doi.org/10.24269/mtkind.v16i1.4342.

Maulana, Ridwan, and Aryo De Wibowo Muhammad Sidik. 2019. "Design of an Automatic Nutrition System for Hydroponic Plants with an IoT-Based NodeMCU Microcontroller." *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro* 1, no. 2 (September): 1–5.

Prastio, Rizki Putra, Prisma Megantoro, Syamsul Arifin, Dimas Dzaky Rafii Muhammad, Irsyad Hilmi, and Sigit Dani Perkasa. 2023. "THE UTILIZATION OF 900 WP OFF-GRID SOLAR POWER PLANT FOR PRODUCT INTENSIFICATION OF A HYDROPONICS FARMER GROUP." *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Services)* 7, no. 2 (June): 220–29. https://doi.org/10.20473/jlm.v7i2.2023.220-229.

Putra, Septafiansyah Dwi, Heriansyah Heriansyah, Eko Fajar Cahyadi, Kurnia Anggriani, and Moh Haris Imron S Jaya. 2024. "Development of Smart Hydroponics System Using AI-Based Sensing." *JURNAL INFOTEL* 16, no. 3 (August). https://doi.org/10.20895/infotel.v16i3.1190.

Suseno, J E, M F Munandar, and A S Priyono. 2020. "The Control System for the Nutrition Concentration of Hydroponic Using Web Server." *Journal of Physics: Conference Series* 1524, no. 1 (April): 012068. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012068.

Syidiq, Ismail Hakim Asy. 2022. "HIDROPONIK UNTUK MENINGKATKAN EKONOMI KELUARGA." *Journal Science Innovation and Technology (SINTECH)* 2, no. 2 (August): 16–19. https://doi.org/10.47701/sintech.v2i2.1882.