https://journaledutech.com/index.php/great
Global Research and Innovation Journal (GREAT)
Volume 1, Nomor 2, 2025, Hal. 2865-2874
ISSN : 3090-3289

SISTEM MONITORING DAN PENGISIAN ULANG AIR SECARA OTOMATIS BERDASARKAN DEBIT DAN KUALITAS AIR PADA HIDROPONIK NFT BERBASIS IOT

Nur Rohman[1], Dimpo Sinaga[2], Yulisa Gardenia[3]
Program Studi Sistem Informasi, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta
E-mail: rrohman760@gmail.com[1]

ABSTRAK

Kelompok Wanita Tani (KWT) merupakan salah satu komunitas yang aktif dalam pemanfaatan teknologi pertanian skala kecil, termasuk sistem hidroponik. Pemeliharaan sistem hidroponik, khususnya dalam hal ketersediaan air, menjadi tantangan tersendiri yang memerlukan pemantauan rutin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatis pengisian ulang air berdasarkan monitoring debit penampungan pada sistem hidroponik berbasis Internet of Things (IoT), yang diujicobakan pada lingkungan KWT. Sistem dirancang menggunakan NodeMcu ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, relay sebagai pengendali pompa, serta LCD sebagai tampilan informasi. Metode hidroponik yang digunakan adalah Nutrient Film Technique (NFT) yang membutuhkan aliran air yang stabil. Sensor ultrasonik akan mendeteksi penurunan debit air, dan secara otomatis mengaktifkan pompa melalui relay apabila volume air berada di bawah ambang batas. Data monitoring dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara otomatis, responsif, dan membantu KWT dalam menjaga kestabilan debit air tanpa harus melakukan pemantauan manual secara terus-menerus. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kemandirian KWT dalam pengelolaan hidroponik.

Kata kunci **IoT, KWT, Hidroponik, NFT, NodeMcu ESP8266**

ABSTRACT

Kelompok Wanita Tani (KWT), or Women's Farmer Groups, are active communities in small-scale agricultural practices, including hydroponic systems. Maintaining water availability in hydroponics poses a challenge that requires regular monitoring. This research aims to design and implement an automatic water refilling system based on reservoir level monitoring in an Internet of Things (IoT)-based hydroponic setup, tested in a KWT environment. The system is built using a NodeMcu ESP8266 microcontroller, an ultrasonic sensor to measure water levels, a relay to control the pump, and an LCD for displaying information. The hydroponic method used is the Nutrient Film Technique (NFT), which requires a stable flow of water. The ultrasonic sensor detects low water levels and automatically activates the pump via the relay when the volume drops below a certain threshold. Monitoring data can be accessed in real-time through the Blynk application. Test results show that the system works automatically, is responsive, and helps KWT members maintain water levels without constant manual supervision. This system is expected to improve efficiency and independence in hydroponic management among KWT communities.

Keywords ***IoT, KWT, Hydroponics, NFT, NodeMcu ESP8266***

1. PENDAHULUAN

Sistem hidroponik merupakan salah satu metode budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam, melainkan dengan memanfaatkan larutan air yang kaya akan nutrisi. Dalam sistem ini, *monitoring* dan pengelolaan air menjadi faktor kunci untuk memastikan ketersediaan nutrisi serta menciptakan lingkungan tumbuh yang mendukung perkembangan tanaman secara maksimal. Dua parameter penting yang

perlu dikendalikan adalah volume air (debit) dan kualitas air, yang diukur melalui parameter seperti TDS *(Total Dissolved Solids)* dan pH *(Potential of Hydrogen)* larutan..

Namun, pengelolaan sistem hidroponik secara manual memerlukan perhatian dan ketelitian yang tinggi. Proses seperti pengecekan volume air, penyesuaian konsentrasi nutrisi, dan pengaturan pH biasanya dilakukan secara berkala oleh pengguna. Aktivitas ini bisa menjadi kurang efisien dan berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan jika dilakukan tanpa pemantauan yang akurat dan berkelanjutan.

Seiring berkembangnya teknologi, *Internet of Things* (IoT) menawarkan pendekatan yang lebih otomatis dan efisien dalam pengelolaan sistem hidroponik. Dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler, sistem dapat melakukan *monitoring* parameter lingkungan secara *real-time*, memberikan informasi kepada pengguna, serta mengotomatisasi tindakan yang diperlukan, seperti pengisian ulang air atau penyesuaian nutrisi. Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang memungkinkan integrasi antar perangkat fisik sehingga dapat bertukar informasi dan berinteraksi melalui jaringan internet (Munsyir et al., 2024). IoT terdiri dari beberapa elemen utama, yaitu perangkat fisik (seperti sensor dan aktuator), konektivitas jaringan, dan platform pengolahan data. Perangkat fisik mengumpulkan data dari lingkungan sekitar, kemudian data tersebut dikirim melalui jaringan ke platform pengolahan untuk dianalisis dan digunakan dalam pengambilan keputusan otomatis.

Dalam konteks penerapan di lapangan, Kelompok Wanita Tani (KWT) sebagai pelaku utama di skala rumah tangga atau komunitas kecil, umumnya menjalankan proses perawatan sistem hidroponik secara manual. Kegiatan perawatan yang dilakukan meliputi pengecekan volume air dalam penampungan. Jika volume air terdeteksi rendah, pengisian ulang dilakukan secara manual menggunakan air dari tandon. Selanjutnya, dilakukan pengukuran TDS untuk memastikan konsentrasi nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman. Jika TDS terlalu rendah, nutrisi ditambahkan; jika terlalu tinggi, sebagian air dibuang dan diencerkan dengan air bersih. Selain itu, pengukuran pH juga dilakukan untuk menjaga agar larutan tetap dalam rentang ideal (5,5 - 6,5). Penyesuaian dilakukan menggunakan larutan pH up atau pH down.

Pemanfaatan teknologi IoT dalam sektor pertanian, khususnya pada sistem hidroponik, telah menunjukkan kemajuan yang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Integrasi teknologi ini memungkinkan pemantauan serta pengendalian kondisi lingkungan secara langsung dan terus-menerus, sehingga mampu mendukung peningkatan efisiensi dan hasil produksi pertanian.

Menurut penelitian oleh (Salim Wardhana et al., 2025), sistem hidroponik cerdas berbasis IoT yang terintegrasi dengan energi terbarukan, seperti panel surya, dapat mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional hingga 100%. Sistem ini memungkinkan kontrol presisi terhadap variabel pertumbuhan tanaman seperti suhu, kelembaban, dan pencahayaan, dengan tingkat stabilitas operasional yang tinggi.

Selain itu, penelitian oleh (Andena Nur Hikmatunnisa et al., 2024) menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT pada sistem hidroponik dapat meningkatkan efisiensi produksi pertanian. Dengan memanfaatkan sensor untuk memantau kondisi lingkungan tanaman secara *real-time*, petani dapat melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk menjaga kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Implementasi IoT dalam pertanian hidroponik juga mendukung pertanian berkelanjutan di daerah perkotaan. Penelitian oleh (Siti Najdah Haq et al., 2025) mengindikasikan menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam sistem hidroponik memungkinkan pemantauan lingkungan tumbuh tanaman secara langsung dan berkelanjutan, mengoptimalkan penggunaan air dan nutrisi, serta berpotensi menghasilkan panen sebanyak dua kali dalam satu bulan.

Sistem *monitoring* pada hidroponik merupakan komponen penting dalam budidaya tanaman tanpa tanah. Dengan adanya sistem ini, petani dapat memantau dan mengontrol berbagai parameter lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman secara *real-time*. Integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem *monitoring* memungkinkan pengumpulan data secara otomatis dan akurat, sehingga keputusan pertanian dapat diambil berdasarkan informasi yang tepat waktu. Menurut (Cahyo et al., 2023) sistem *monitoring* hidroponik berbasis IoT menggunakan sensor suhu, kelembaban, pH, dan ketinggian air yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266. Data dari sensor dikirimkan ke server melalui jaringan WiFi dan ditampilkan dalam bentuk grafik melalui aplikasi web, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*

Beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas penerapan IoT dalam sistem hidroponik. Penelitian oleh (Cahyo et al., 2023) mengembangkan sistem *monitoring* hidroponik berbasis IoT dengan sensor suhu, pH, dan ketinggian air yang terintegrasi dengan ESP8266, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*. (Sholahuddin & Setia Budi, 2023) merancang sistem *monitoring* dan otomasi hidroponik berbasis IoT yang terhubung dengan aplikasi Android, memungkinkan pengaturan otomatis pH dan suhu air dengan akurasi tinggi. Sementara itu, penelitian oleh (Imansyah et al., 2022) memanfaatkan mikrokontroler Wemos D1 R2 dan NodeMcu untuk memantau kadar nutrisi, pH, serta ketinggian air, sekaligus mengotomatisasi pengaturan pompa.

Berdasarkan studi-studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sistem hidroponik berpotensi meningkatkan efektivitas pemantauan dan kontrol, meminimalkan intervensi manual, serta mempertahankan kondisi lingkungan yang konsisten untuk pertumbuhan tanaman. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini difokuskan untuk merancang dan membangun sistem otomatis pengisian ulang air yang dilengkapi dengan monitoring debit penampungan secara *real-time* pada sistem hidroponik berbasis IoT. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan air dan mempermudah proses perawatan, khususnya pada skala kecil, seperti yang diterapkan oleh Kelompok Wanita Tani (KWT).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di Kelompok Wanita Tani (KWT) yang berada di RW 12, Kelurahan Panunggangan Barat, Kecamatan Cibodas, Kota Tangerang. KWT merupakan inisiatif yang dibentuk oleh pemerintah desa sebagai bagian dari program pemberdayaan masyarakat guna meningkatkan kesejahteraan melalui pengorganisasian kelompok petani. Pembentukan kelompok ini dilatarbelakangi oleh potensi sumber daya alam di wilayah tersebut, dengan tujuan untuk memaksimalkan pengelolaan sektor pertanian, kerajinan, serta produk-produk rumah tangga lainnya.

Pada sistem hidroponik yang digunakan oleh Kelompok Wanita Tani (KWT), seluruh proses perawatan masih dilakukan secara manual dan berkala. Langkah-langkah perawatan dimulai dari pengecekan volume air pada penampungan. Jika air berada di bawah batas minimum, maka anggota KWT akan melakukan pengisian ulang menggunakan air bersih yang disediakan di tandon atau wadah cadangan.

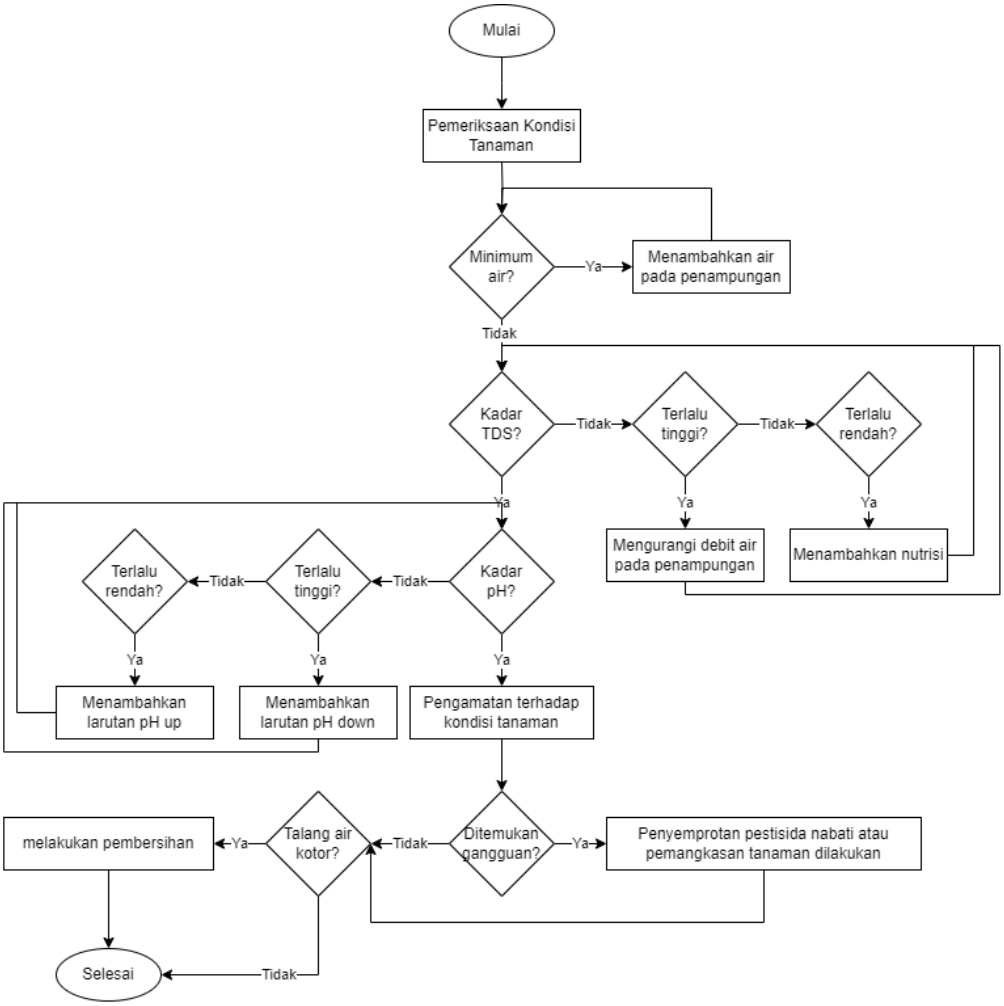
Selanjutnya, dilakukan pengecekan kadar nutrisi larutan dengan menggunakan alat pengukur TDS *(Total Dissolved Solids).* Apabila nilai TDS lebih rendah dari ambang batas ideal, larutan nutrisi akan ditambahkan ke dalam penampungan. Sebaliknya, jika nilai TDS terlalu tinggi, maka sebagian air akan dibuang terlebih dahulu, kemudian

diencerkan dengan penambahan air bersih hingga nilai TDS berada dalam kisaran yang sesuai.

Setelah itu, pH larutan hidroponik diukur untuk memastikan berada pada rentang ideal, yaitu antara 5,5 hingga 6,5. Jika nilai pH tidak sesuai, maka dilakukan penyesuaian menggunakan larutan pH up atau pH down. Tahapan berikutnya adalah pengamatan terhadap kondisi tanaman, termasuk identifikasi gejala serangan hama atau penyakit. Jika ditemukan gangguan, tindakan pencegahan atau pengendalian seperti penyemprotan pestisida nabati atau pemangkasan tanaman akan dilakukan.

Selain pemantauan air dan tanaman, KWT juga secara rutin melakukan pembersihan instalasi sistem hidroponik seperti pipa, talang, netpot, dan penampungan air untuk mencegah penyumbatan dan pertumbuhan lumut. Apabila tanaman telah memasuki masa panen, maka proses pemanenan dilakukan sesuai dengan umur dan jenis tanaman yang dibudidayakan.

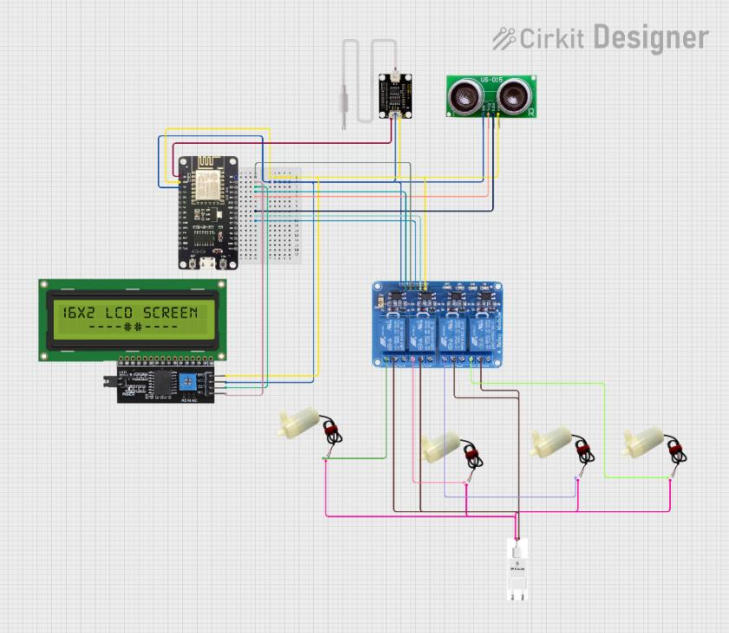
Secara keseluruhan, sistem yang berjalan saat ini masih bersifat manual, sehingga membutuhkan keterlibatan langsung dari anggota KWT untuk memantau dan mengelola kondisi larutan serta tanaman secara berkala. Hal ini menjadi dasar perlunya perancangan sistem otomatis berbasis IoT yang dapat membantu memantau dan mengatur parameter penting seperti volume air dan kadar nutrisi secara *real-time* dan efisien.



Gambar 1. *Flowchart* Sistem Berjalan

Rangkaian ini merupakan sistem otomatis pengisian ulang air pada hidroponik berbasis IoT yang menggunakan berbagai komponen elektronik untuk mendeteksi dan

mengatur volume air dalam penampungan. Sistem ini dirancang untuk mempermudah *monitoring* dan pengisian ulang air secara otomatis berdasarkan ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Proses perancangan ini melibatkan aplikasi bylink untuk mempermudah proses monitoring. Rancangan alat yang digunakan dalam kasus ini sebagai berikut:



Gambar 2. Desain Rancangan Alat

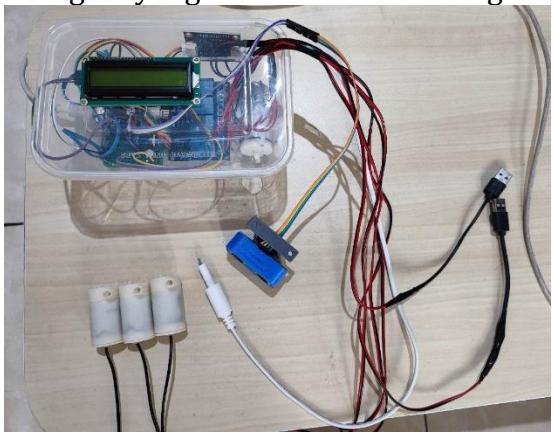
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap kebutuhan sistem yang akan dibangun, baik dari sisi perangkat keras *(hardware)* maupun perangkat lunak *(software).* Analisa kebutuhan dilakukan agar sistem yang dirancang mampu berjalan sesuai tujuan, serta mendukung otomatisasi pengisian air pada sistem hidroponik berbasis IoT. Sistem dirancang agar dapat memantau ketinggian air secara *real-time* dan mengaktifkan pompa secara otomatis ketika air berada di bawah ambang batas yang ditentukan

3. 2 Perancangan Alat

Perancangan alat telah dilakukan berdasarkan rancangan sistem pada Bab 3. Setelah seluruh komponen dirakit sesuai dengan diagram rangkaian, dilakukan proses penyusunan dan penempatan komponen ke dalam instalasi hidroponik metode NFT skala rumah tangga. Adapun perangkat yang telah dirakit mesebagai beriktu ini:

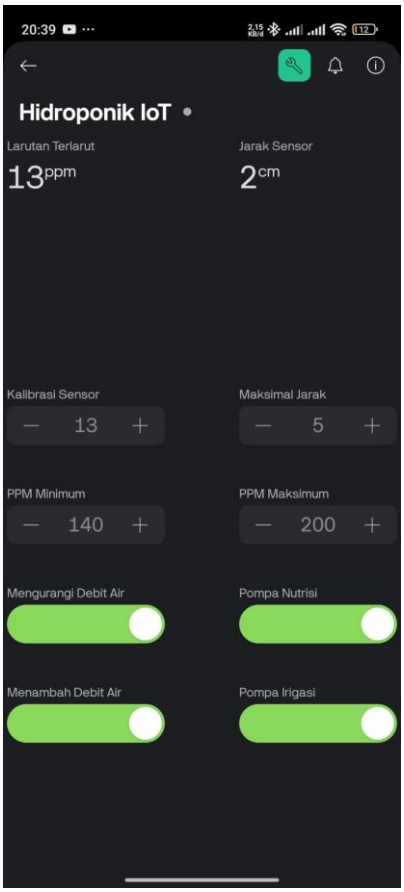


Gambar 3. Instalasi Sistem

Gambar 5. Implementasi Instalasi Alat

3. 3 Hasil Tampilan Bylink

Antarmuka pada aplikasi Blynk dirancang secara sederhana namun fungsional agar mudah dioperasikan oleh pengguna. Berikut ini adalah hasil tampilan antar muka aplikasi Blynk yang digunakan.



Gambar 6. Antarmuka Blynk

3. 4 Analisis Penyusunan Sistem

Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak antara permukaan air dan sensor yang dipasang di atas tandon air. Prinsip kerjanya adalah memancarkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu pantulan kembali.

Rumus yang digunakan:

$$\text{Jarak (cm)} = \frac{\text{Waktu tempuh gelombang x Kecepatan suara}}{2}$$

Dengan:

a. Waktu dalam mikrodetik (µs)
b. Kecepatan suara ≈ 0.0343 cm/µs
c. Dibagi 2 karena gelombang pergi dan pulang

Contoh penerapan pada kode

```
jarak = (duration * 0.0343) / 2;
```

Setelah data dari sensor diperoleh dan dikalibrasi, NodeMcu mengambil keputusan berdasarkan kondisi berikut:

a. Kondisi debit air rendah (jarak antar sensor dengan permukaan air tinggi)
   Pompa air akan diaktifkan otomatis untuk mengisi ulang penampungan jika tombol pompa menambah debit air pada blynk dalam posisi aktif.
b. Kondisi PPM dibawah batas minimal
   Pompa 1 akan diaktifkan otomatis untuk menambah nutrisi pada penampungan dengan syarat pompa nutrisi pada blynk dalam kondisi aktif.
c. Kondisi PPM diatas batas maksimal
   Pompa 2 akan diaktifkan otomatis untuk mengurangi debit air pada penampungan dengan syarat pompa mengurangi debit air pada blynk dalam kondisi aktif.

3. 5 Pengujian Kerja Alat

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Metode pengujian yang digunakan adalah *Black Box Testing*, yaitu dengan memberikan input tertentu dan mengamati output sistem tanpa melihat struktur internal program. Skenario pengujian mencakup pembacaan sensor, kendali otomatis dan manual melalui Blynk, serta keakuratan data yang ditampilkan. Berikut adalah hasil pengujian:

Tabel 1. *Blackbox Testing* Kerja Alat

No.	Sekenario Uji	*Test Case*	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1.	Pembacaan TDS Sensor	Pembacaan Larutan dengan nilai 840 ppm	Nilai PPM ditampilkan di Blynk dan LCD mendekati 840 ppm	Nilai muncul pada Blynk dan LCD	Lulus
2.	Kalibrasi sensor TDS	Melakukan kalibrasi menggunakan larutan TDS 50 PPM	Nilai PPM yang muncul pada Bylnk dan LCD 50 PPM	48 - 52 PPM	Lulus

3.	Sensor ultrasonik mendeteksi air rendah	Jarak air > 5 cm dari sensor	Pompa air otomatis aktif saat jarak lebih dari 5 cm	Berfungsi	Lulus
4.	Pompa nutrisi otomatis saat TDS < ambang batas minimal	Nilai PPM < batas minimum	Pompa nutrisi otomatis menyala selama 1 detik	Sesuai	Lulus
5.	Pompa mengurangi debit air otomatis saat TDS > ambang batas maksimal	Nilai PPM > batas maksimal	Pompa mengurangi debit air otomatis menyala selama 10 detik	Sesuai	Lulus
6.	Pengecekan nilai PPM tiap 30 detik sekali	Nilai PPM pada wadah < batas minimum	Pompa nutrisi otomatis menyala selama 1 detik setiap 30 detik selama nilai PPM kurang dari batas minimum	Sesuai	Lulus
7.	Kendali manual pompa dari aplikasi Blynk	Switch ON/OFF di Blynk	Pompa menyala/mati sesuai tombol	Sesuai	Lulus
8.	Tampilan *real-time* di aplikasi Blynk dan LCD	Sistem aktif dan terhubung	Data tampil tanpa delay/error	Stabil	Lulus

Selain pengujian pada alat kerja, produk ini dilakukan pengujian akurasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air pada sistem penampungan hidroponik. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi statis, di mana permukaan air dibiarkan tenang agar hasil pengukuran tidak terganggu oleh gelombang air. Sensor ditempatkan secara tetap di atas permukaan air, dan nilai jarak yang terbaca ditampilkan melalui LCD atau serial monitor. Nilai tersebut kemudian dicatat dan dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris yang diletakkan sejajar dengan sensor. Selisih antara pembacaan sensor dan pengukuran

manual dihitung untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Persentase error juga dihitung untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai keakuratan sensor dalam sistem ini.

Tabel 2. *Blackbox Testing* Akurasi Sensor Air

No.	Hasil Sensor	Manual	Selisih	*Persentase Error*
1	15	15	0	0%
2	13	14	1	7,1%
3	10	10	0	0%
4	9	10	1	10%
5	7	8	1	12,5%
6	5	6	1	16,6%

4. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan pada sistem hidroponik berbasis IoT yang diterapkan oleh Kelompok Wanita Tani (KWT) bertujuan untuk merancang sistem otomatis pengisian ulang air dan nutrisi yang terintegrasi, guna menyelesaikan permasalahan dalam pemantauan dan pemeliharaan sistem hidroponik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem otomatis pengisian ulang air dan nutrisi pada hidroponik berhasil dirancang dengan memanfaatkan mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik dan sensor TDS *(Total Dissolved Solids).* Sistem ini mampu memantau secara *real-time* debit air dan kadar nutrisi (PPM), lalu mengaktifkan pompa pengisian secara otomatis sesuai kebutuhan.
2. Integrasi sensor ultrasonik dan sensor TDS dengan mikrokontroler terbukti efektif dalam mendeteksi perubahan volume air dan konsentrasi nutrisi. Data yang diperoleh dari sensor digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam mengendalikan relay dan pompa secara otomatis, tanpa intervensi manual.

Sistem yang dirancang menunjukkan efektivitas yang cukup baik dalam menjaga kestabilan volume air dan konsentrasi nutrisi dalam penampungan hidroponik. Implementasi pada skala kecil yang dijalankan oleh Kelompok Wanita Tani (KWT) menunjukkan bahwa teknologi ini dapat mendukung kegiatan pertanian hidroponik secara lebih efisien, hemat waktu, dan ramah pengguna.

5. DAFTAR PUSTAKA

Andena Nur Hikmatunnisa, Wilva Ramadayanti, & Rina Nuryati. (2024). Analisis Manajemen Produksi Pertanian Hidroponik Berbasis IoT (Internet of Things) di Wisata Edukasi Arjuna Farm Kecamatan Tamansari Kota Tasikmalaya. *Mikroba : Jurnal Ilmu Tanaman, Sains Dan Teknologi Pertanian*, *1*(3), 111–125. https://doi.org/10.62951/mikroba.v1i3.164

Cahyo, M., Prabowo, A., Janitra, A. A., & Wibowo, N. M. (2023). Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis IoT Dengan Sensor Suhu, pH, dan Ketinggian Air Menggunakan ESP8266. *TECNOSCIENZA*, *7*, 312–323. https://ejournal.kahuripan.ac.id/index.php/TECNOSCIENZA/article/view/894/660

Doni, R., & Rahman, M. (2020). Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI*, *4*(2), 516–522.

Elksasy, A. M. (2023). Understanding the Internet of Things (IoT) Concepts, Applications and Standards: An Overview. *Delta University Scientific Journal*, 205–210.

Hamidah, M. N., Safitri, N. I., Akbar, D. W., Uly, O. S. I., & Kurnianto, D. (2023). Prototype Sistem Monitoring Nutrisi dan Tingkat pH Air pada Budidaya Hidroponik Sayur Pakcoy Menggunakan Teknologi Internet of Things (IoT). *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 13–20. https://doi.org/10.30630/eji.15.1.336

Imansyah, A. A., Syamsiah, M., & Jakaria, D. M. (2022). RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM OTOMATIS DALAM BUDIDAYA TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS) AUTOMATIC SYSTEM PROTOTYPE DESIGN IN HYDROPONIC CULTIVATION BASED ON IOT (INTERNET OF THINGS). *Journal of Innovation and Research in Agriculture*, 1–13.

Munsyir, M., Arfyanti, I., Sumitra, T., Wahyudi, E., & Vandika, A. Y. (2024). Arsitektur dan Organisasi Komputer Fondasi Teknologi Digital. *YPAD Penerbit*.

Murdiyantoro, R. A., Izzinnahadi, A., & Armin, E. U. (2021). Sistem Pemantauan Kondisi Air Hidroponik Berbasis Internet of Things Menggunakan NodeMCU ESP8266. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, *3*(2), 54–61. https://doi.org/10.20895/jtece.v3i2.258

Salim Wardhana, A., Ferdiansyah, M., Kholifah, S. K., Studi Teknik Elektro, P., Tinggi Teknologi Nusantara Lampung, S., Bandar Lampung, K., Lampung, P., & Studi Teknik Industri, P. (2025). Desain dan Prototipe Integrasi IoT dalam Pertanian Hidroponik Cerdas Berbasis Energi Terbarukan. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi (JIMIK)*, *6*(1). https://journal.stmiki.ac.id

Sholahuddin, D., & Setia Budi, A. (2023). Purwarupa Sistem Monitoring dan Otomasi Hidroponik berbasis IoT menggunakan Aplikasi Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *7*(1), 210–218. http://j-ptiik.ub.ac.id

Siti Najdah Haq, M., Nur Azizah, M., Lutfi Alawiyah, Z., Nopi Fitriyani, W., Hidayat Tulloh, S., & Sri Astuti, Y. (2025). *Optimalisasi Hidroponik Berbasis IoT untuk Pertanian Berkelanjutan di Desa Wanasigra Sindangkasih Ciamis* (Vol. 5, Issue 1).

Subeni. (2020). HASIL TANAMAN SAWI HIJAU PADA SISTEM HIDROPONIK EFFECT OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER ON GROWTH AND RESULTS OF GREENS MUSTARD PLANT ON HYDROPONIC SYSTEMS. *Jurnal Pertanian Agros*, *22*(1).

Sumitra, T., & Setiadi, D. (2020). Sistem Informasi Ujian Mandiri Mahasiswa Berbasis Tes Klasik. *JSI (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, *7*(1), 86–98.