Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Nutrisi Hidroponik Selada Bertenaga Surya

Danda Jonathan Irawan[*1], Guntur Yanuar Astono[2], Miftakhul Huda[3]

[1]Program Studi Teknik Elektronika Kampus Kediri, Politeknik Negeri Malang, Indonesia
Email: [1]2241190054@student.polinema.ac.id, [2]guntur.astono@polinema.ac.id,
[3]miftakhul.huda@polinema.ac.id

Nomor Handphone : 087783946213

Abstrak

Budidaya selada (*Lactuca Sativa L.*) dengan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) membutuhkan manajemen nutrisi yang presisi. Konsentrasi nutrisi ideal untuk tanaman selada berada pada rentang 560–840 ppm, ketidaksesuaian nilai nutrisi dapat mengakibatkan cacat pertumbuhan atau daun terbakar (*leaf burn*). Berdasarkan observasi di Mitra Selada Hidroponik Artcaster, proses pemantauan nutrisi masih dilakukan secara manual dan tidak kontinu. Hal ini menyebabkan fluktuasi konsentrasi nutrisi sering terlambat diketahui sehingga penanganan baru dilakukan setelah tanaman menunjukkan gejala gangguan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem monitoring dan kontrol nutrisi otomatis menggunakan sensor TDS untuk mengendalikan penambahan nutrisi, serta sensor suhu untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Sistem ini terintegrasi dengan *website* berbasis *Internet of Things* (IoT) agar data dapat diakses secara fleksibel. Berdasarkan hasil pengujian, sistem telah berhasil diimplementasikan dengan sensor TDS memiliki tingkat akurasi rata-rata mencapai 98,50%. Sensor suhu DS18B20 mencatatkan tingkat akurasi 98,64% setelah penerapan kalibrasi *offset* +0,87 °C. Kinerja aktuator pompa peristaltik terbukti efektif mempertahankan nutrisi pada rentang optimal 600-800 PPM melalui aktuasi 5 menit per siklus. Selain itu, perangkat ini ditenagai oleh panel surya 100 WP dan baterai 12V 30Ah yang mampu memproduksi energi melampaui total kebutuhan harian sistem sebesar 142,93 Wh, sehingga alat dapat beroperasi secara kontinu 24 jam tanpa membebani konsumsi listrik mitra.

Kata kunci: Hidroponik NFT, *Internet Of Things* (IoT), Panel Surya, Selada, Sensor TDS.

Abstract

The cultivation of lettuce (Lactuca sativa L.) using the Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic system requires precise nutrient management. The ideal nutrient concentration for lettuce ranges from 560 to 840 ppm (TDS); inappropriate nutrient levels can lead to growth defects or leaf burn. Based on observations at the Artcaster Hydroponic Lettuce partner in Kediri, the nutrient monitoring process is still conducted manually and non-continuously. This causes fluctuations in nutrient concentrations to often be detected late, meaning corrective actions are only taken after the plants show symptoms of growth disturbance. To overcome these problems, this study proposes the design and development of an automated nutrient monitoring and control system using a TDS sensor to regulate nutrient addition, along with a temperature sensor to monitor environmental conditions in real-time. This system is integrated with an Internet of Things (IoT)-based website, allowing data to be accessed flexibly. Based on the test results, the system was successfully implemented with the TDS sensor showing an average accuracy of 98.50%. The DS18B20 temperature sensor recorded an accuracy of 98.64% after implementing a +0.87 °C offset calibration. The peristaltic pump actuator proved effective in maintaining nutrient levels within the optimal 600-800 PPM range through a 5-minute actuation per cycle. Furthermore, the device is powered by a 100 WP solar panel and a 12V 30Ah battery that produces energy exceeding the system's total daily requirement of 142.93 Wh, ensuring continuous 24-hour operation without burdening the partner's electricity consumption.

Keywords: *Internet of Things* (IoT), *Lettuce, NFT Hydroponics, Solar Panel, TDS Sensor*

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Hidroponik adalah metode budidaya tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media tanam pengganti tanah, di mana nutrisi diberikan dalam bentuk larutan sehingga akar tanaman dapat menyerap unsur hara secara lebih efisien. Salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomi dan kandungan gizi tinggi, serta sangat cocok dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) adalah selada (Lactuca Sativa L.). Metode NFT mengalirkan sebagian akar tanaman pada lapisan larutan nutrisi yang sangat tipis agar sirkulasi air, oksigen, dan nutrisi tetap terjaga dengan baik.

Dalam budidaya hidroponik selada, kualitas larutan nutrisi yang diukur berdasarkan nilai Total Dissolved Solids (TDS) menjadi faktor penting yang sangat menentukan hasil panen. Tanaman selada membutuhkan konsentrasi nutrisi ideal pada kisaran 560–840 ppm (Part Per Million). Jika nilai kepekatan nutrisi melebihi batas ideal tersebut, penyerapan air oleh tanaman akan berkurang, mengganggu proses fotosintesis, hingga memicu keracunan yang ditandai dengan daun terbakar (leaf burn). Sebaliknya, jika kepekatan nutrisi berada di bawah ambang batas ideal, akar tidak mendapatkan suplai unsur hara yang cukup sehingga proses pertumbuhan selada akan menjadi terhambat atau kerdil.

Berdasarkan hasil observasi di kebun mitra Selada Hidroponik Artcaster, proses pengecekan konsentrasi nutrisi saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur konvensional, sehingga pemantauan tidak dapat berlangsung secara kontinu. Metode penanganan yang sangat bergantung pada ketersediaan waktu dan tenaga pekerja ini bersifat reaktif, sehingga memicu keterlambatan dalam mengetahui fluktuasi konsentrasi nutrisi di dalam tandon. Seringkali penyesuaian nutrisi baru dilakukan setelah tanaman menunjukkan gejala gangguan pertumbuhan, yang mana tanaman sudah terlanjur mengalami penurunan kualitas.

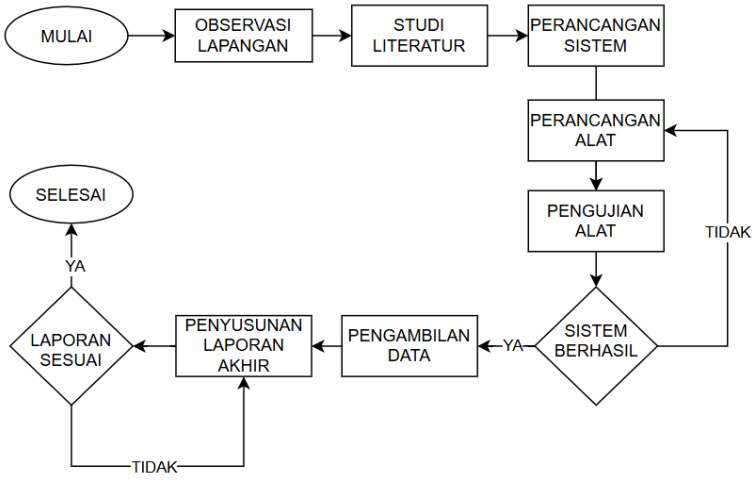
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem monitoring dan kontrol nutrisi otomatis berbasis mikrokontroler. Sistem ini memanfaatkan sensor TDS untuk memantau konsentrasi nutrisi sebagai acuan pengendalian aktuator pompa secara otomatis, serta sensor suhu untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Sistem ini diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT) melalui website untuk memudahkan pemantauan jarak jauh yang fleksibel. Selain itu, guna memastikan sistem pemantauan dapat beroperasi secara persisten selama 24 jam penuh tanpa membebani konsumsi daya listrik utama milik mitra, alat ini ditenagai secara mandiri menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 100 Wp. Diharapkan dengan adanya inovasi ini, proses pengelolaan nutrisi pada sistem smart farming hidroponik menjadi lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang difokuskan pada perancangan, pengembangan, dan pembuatan sistem secara langsung untuk diaplikasikan oleh petani. Melalui metode ini, dirancang sebuah sistem *monitoring* dan kontrol nutrisi hidroponik selada yang beroperasi secara otomatis. Metode Penelitian R&D dipilih tidak hanya untuk menghasilkan perangkat keras yang berfungsi optimal, tetapi juga diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi terapan guna mewujudkan sistem pertanian cerdas di masa depan.

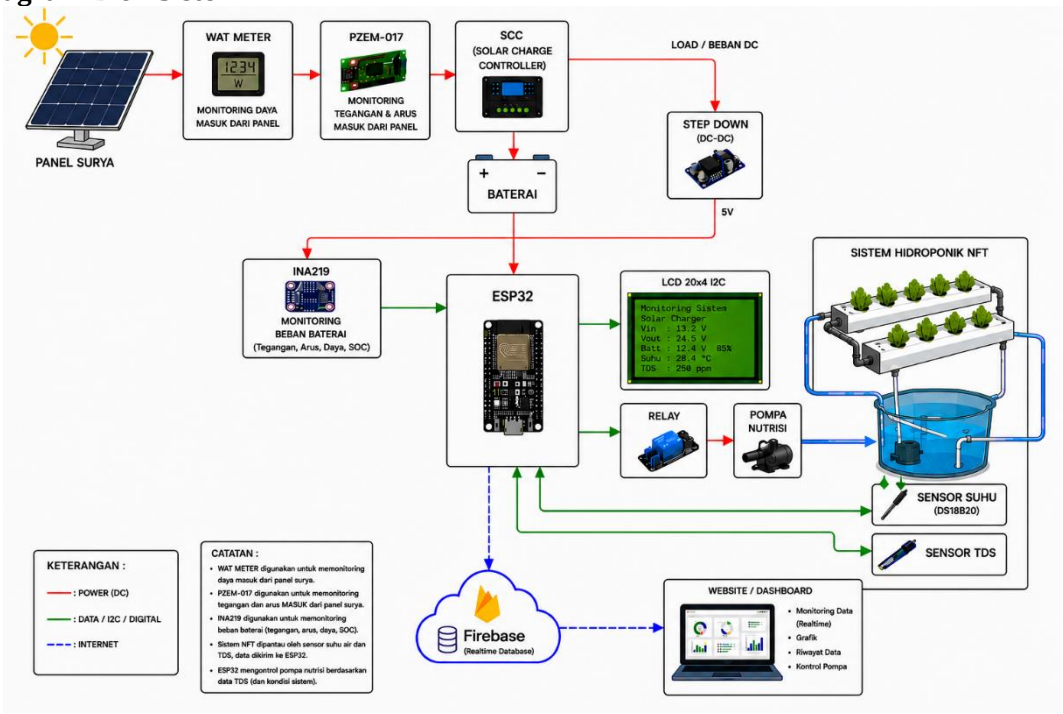
2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara terstruktur meliputi observasi lapangan, studi literatur, , perancangan sistem, perancangan alat, pengujian alat. Jika pada tahap pengujian alat berhasil maka akan dilanjutkan pada tahap *finishing* alat secara keseluruhan. Namun apabila pada tahap tersebut terdapat kesalahan maka kembali pada tahap perancagann alat. Setelah itu dilanjut ke *finishing* alat dan pengujian akhir, jika pengujian akhir berhasil maka akan diteruskan ke pengambilan data akhir dan penulisan laporan. Urutan hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.2 Diagram Blok Sistem

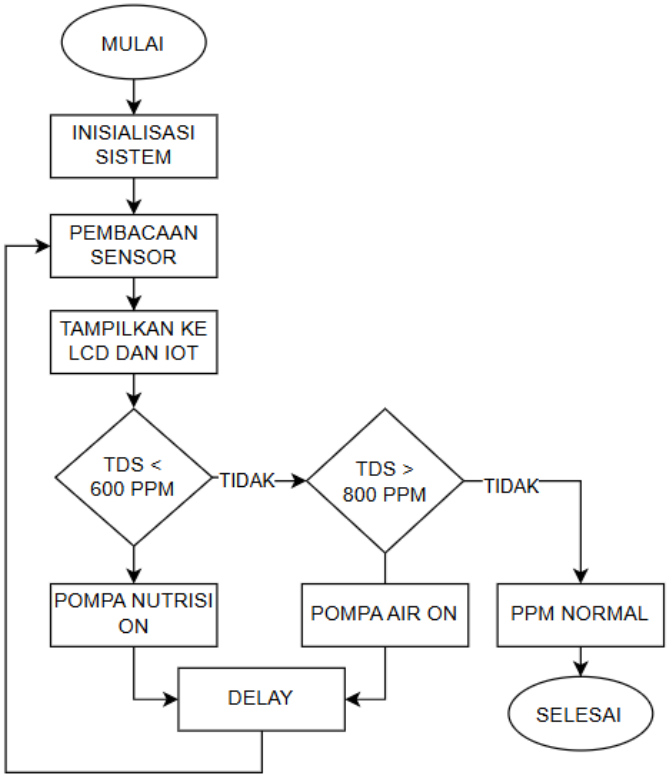


Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok di Gambar 2 , alat ini beroperasi dengan sumber energi utama dari panel surya, yang kemudian ke baterai hingga didistribusikan ke bagian sistem lewat modul *step down* 5V untuk menyesuaikan tegangan dengan apa yang dibutuhkan mikrokontroler dan sensor. Sistem dimulai dengan menaikan saklar mcb baterai lalu menaikan mcb dari panel surya, kemudian sistem berhasil diinisialisasi dan akan mencoba menghubungkan ke Wifi hingga tersambung

Sistem ini dilengkapi dengan sensor PZEM-017 yang digunakan untuk memantau tegangan dan arus masukan dari panel surya. Selain itu, sensor INA219 digunakan untuk memantau tegangan, arus, daya, serta estimasi konsumsi energi pada beban sistem. Esp 32 digunakan sebagai mikrokontroler, beberapa sensor yang digunakan dalam sistem ini diantaranya terdapat sensor TDS untuk membaca kepekatan nutrisi, kemudian terdapat sensor suhu air untuk membaca suhu larutan nutrisi. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan LCD 20x4 I2C dan dikirimkan secara real time ke database firebase untuk diakses melalui website dashboard.

2.3 Perancangan Logika Sistem



Gambar 3 *Flowchart* Sistem

Proses diawali dengan inisialisasi sistem, yaitu alat dalam kondisi *standby* sebelum proses dimulai, ketika mcb dinyalakan sistem akan langsung masuk ke tahap pembacaan sensor, data dari sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroller esp32 untuk diteruskan pada tampilan lokal yaitu LCD dan diteruskan pada tampilan website monitoring. Setelah itu, tahap selanjutnya adalah tahap pemrosesan logika sistem yaitu, apabila nilai tds kurang dari 600 maka pompa nutrisi akan on. Apabila tidak kurang dari 600 maka akan lanjut ke pengecekan logika selanjutnya yaitu, jika nilai tds lebih dari 800 maka pompa air on , dan jika tidak lebih juga maka sistem menyatakan bahwa kondisi ppm adalah normal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kalibrasi Sensor DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan untuk memastikan tingkat akurasi dan presisi pembacaan suhu pada air nutrisi di dalam tandon hidroponik. Berbeda dengan sensor TDS yang bersifat analog, sensor DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang telah melalui proses kalibrasi internal oleh pabrikan. Metode kalibrasi yang diterapkan tidak memerlukan pencarian persamaan regresi linear, melainkan menggunakan metode penyesuaian nilai *Offset* (selisih konstanta).

Tabel 1 Kalibrasi Sensor DS18B20

Sampel	Acuan Termometer	Sensor DS18B20	Akurasi
Air Dingin	14.5°C	14.24 °C	98.21%
Air Dingin	18.0°C	18.75 °C	95.83%
Air Dingin	22.6°C	23.18 °C	97.43%
Air Suhu Ruang	25.2°C	25.68 °C	98.10%
Air Suhu Ruang	27.5°C	27.75 °C	99.09%

Air Suhu Ruang	28.2°C	28.37 °C	99.40%
Air Suhu Ruang	29.3 °C	29.37 °C	99.76%
Air Hangat	31.1°C	31.00 °C	99.68%
Air Hangat	33.1°C	32.69 °C	98.49%
Air Hangat	35.4°C	35.27 °C	99.63%
	Rata Rata :		98.6%

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur termometer analog yang sudah teruji akurat, dan pada proses kalibrasi dapat disimpulkan bahwa sensor suhu DS18B20 terbukti sangat baik dalam membaca suhu tandon nutrisi hidroponik. Sehingga didapat hasil rata-rata akurasi 98.6%

3.2. Kalibrasi Sensor TDS

Sebelum digunakan untuk membaca nilai ppm pada tandon instalasi sebaiknya sensor TDS dikalibrasi untuk diuji keakuratannya. Data kalibrasi dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Kalibrasi Sensor TDS

Sampel	Acuan TDS Meter	Sensor TDS	Akurasi
200 ppm	223 ppm	211 ppm	94.62%
350 ppm	419 ppm	415 ppm	99.05%
500 ppm	540 ppm	535 ppm	99.07%
700 ppm	693 ppm	695 ppm	99.71%
850 ppm	859 ppm	877 ppm	97.90%
1000 ppm	1,030 ppm	1,040 ppm	99.03%
1100 ppm	1,140 ppm	1,120 ppm	98.25%
1200 ppm	1,230 ppm	1,244 ppm	98.86%
1250 ppm	1,290 ppm	1,300 ppm	99.22%
1350 ppm	1,350 ppm	1,360 ppm	99.26%
	Rata Rata :		98.50%

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor TDS rancangan jika dibandingkan dengan TDS Meter pabrikan secara *real-time*. Pengujian dilakukan menggunakan 10 sampel larutan dengan tingkat kepekatan yang berbeda-beda, mulai dari air baku (sekitar 200 PPM) hingga larutan nutrisi pekat (mencapai 1350 PPM).

3.3 Pengujian Debit Pompa

pengujian debit pompa pertama dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel dalam variasi durasi direntang mulai dari 30 detik hingga 300 detik (5 menit). Hasil pencatatan data pada tabel tersebut secara jelas menunjukkan bahwa volume keluaran cairan mengalami penambahan secara proporsional berbanding lurus dengan lamanya waktu penyalaan motor pompa.

Tabel 3 Pengujian Debit Pompa

Sampel	Durasi Pompa	Keluaran Pompa (ml)	Volume Pompa (L)
1	30 Detik	55 ml	0.055
2	60 Detik	105 ml	0.105
3	75 Detik	130 ml	0.130
4	90 Detik	160 ml	0.160
5	105 Detik	185 ml	0.185
6	120 Detik	220 ml	0.220
7	150 Detik	260 ml	0.260
8	180 Detik	305 ml	0.305
9	240 Detik	475 ml	0.475
10	300 Detik	545 ml	0.545

Jika dilakukan analisis kalkulasi terhadap laju aliran (*flow rate*) dari data pada tabel tersebut, aktuator pompa peristaltik ini terbukti menghasilkan debit yang sangat konsisten, yakni berada rata-rata di kisaran 105 hingga 110 ml setiap satu menitnya. Karakteristik penyaluran cairan yang konstan tanpa adanya deviasi volume atau lonjakan cairan yang tiba-tiba ini membuktikan bahwa mekanisme perangkat keras aktuator bekerja secara stabil. Data dari tabel ini sekaligus menjadi dasar validasi fisik yang kuat bahwa penggunaan perintah aktuasi berbasis jeda waktu (*time-based dosing*) dinyatakan sangat andal untuk mengonversi perintah logika (*delay*) pada ESP32 menjadi volume injeksi cairan yang pasti dan terukur.

3.4 Pengujian Penambahan Nutrisi

Pengujian pada tahap ini dirancang khusus untuk memvalidasi persamaan matematis kenaikan konsentrasi nutrisi (ΔPPM) yang telah dijabarkan pada sub-bab sebelumnya. Tujuannya adalah untuk menguji seberapa akurat hasil perhitungan teoritis jika dikomparasikan dengan pembacaan aktual sensor TDS di lapangan.

Tabel 4 Pengujian Penambahan Nutrisi

NO	Kondisi	TDS Meter Awal (PPM)	Sensor TDS Awal (PPM)	TDS Meter Akhir (PPM)	Sensor TDS Akhir (PPM)	Penambahan PPM
1	1 L Air Dengan 105 mL Nutrisi	206	212	298	310	92
		206	214	298	307	92
		208	211	293	301	85
		206	212	294	303	88
		208	215	297	305	89
2	1 L Air Dengan 50 mL Nutrisi	298	310	346	358	48
		298	307	345	355	47
		293	301	342	350	49
		294	303	342	351	48
		297	305	343	351	46
3	1 L Air Dengan 25 mL Nutrisi	346	358	367	380	21
		345	355	365	376	20
		342	350	364	370	22
		342	351	363	372	21
		343	351	363	373	20

Berdasarkan data dari tabel hasil pengujian, Fokus utama dari analisis ini adalah membandingkan nilai kenaikan aktual di lapangan (Δ pembacaan alat ukur) dengan proyeksi kenaikan berdasarkan model perhitungan matematis. Secara keseluruhan, kinerja sensor rancangan dan TDS Meter pabrikan dinilai sangat baik karena mampu merespons penambahan konsentrasi nutrisi secara linier dan mendekati perhitungan teoritis. Pada tahap pertama dengan penambahan nutrisi 105 mL,

perhitungan matematis menargetkan lonjakan sebesar 92 PPM, di mana hasil pengujian empiris menggunakan TDS Meter menunjukkan rata-rata kenaikan aktual sebesar 89,2 PPM. Selanjutnya, pada tahap kedua (55 mL) dan ketiga (25 mL), target matematis secara berturut-turut menargetkan kenaikan sebesar 48 PPM dan 21 PPM. Hasil pembacaan aktual di lapangan kembali menunjukkan tingkat presisi yang tinggi, dengan rata-rata kenaikan sebesar 47,6 PPM pada tahap kedua dan 20,8 PPM pada tahap ketiga.

Meskipun hasil pengujian sangat mendekati target teoritis, terdapat sedikit selisih antara perhitungan matematis dengan hasil pembacaan aktual di lapangan. Secara akademis, fenomena ini diakibatkan oleh faktor larutan yang berubah selama proses pengujian. Pada perhitungan matematis, volume air baku diasumsikan statis pada angka 1.000 mL. Namun pada praktiknya, karena pengujian dilakukan secara berurutan pada wadah yang sama, penambahan nutrisi cair yang dilakukan secara terus-menerus menyebabkan total volume larutan bertambah melampaui 1 Liter. Penambahan volume pelarut ini mempengaruhi tingkat kepekatan zat terlarut sehingga memicu terjadinya selisih, yang membuat nilai pembacaan aktual cenderung sedikit berfluktuasi atau lebih rendah dibandingkan nilai mutlak matematis.

3.5 Hasil pengujian monitoring dan kontrol

Pengujian sistem kontrol otomatis bertujuan untuk memvalidasi algoritma mesin status yang ditanamkan pada mikrokontroler. Pengujian ini memastikan bahwa alat mampu mengambil keputusan yang tepat berdasarkan pembacaan sensor TDS dan mengeksekusi aktuator (pompa nutrisi dan pompa pengencer) sesuai dengan parameter waktu yang telah dihitung sebelumnya (5 menit *dosing* dan 5 menit *mixing*).

Algoritma kontrol pada sistem ini menggunakan rentang aman (optimal) ditetapkan antara batas bawah 600 PPM dan batas atas 800 PPM, dengan target pemulihan atau batas set point bawah berada di angka 650 PPM dan set point atas di 750 PPM.

Tabel 5 Hasil Monitoring dan Kontrol

Waktu	TDS Manual (PPM)	TDS IoT (PPM)	Selisih (PPM)	Status Sistem	Respon Aktuator
01:00	-	658	-	OPTIMAL	Pompa MATI
02:00	-	656	-	OPTIMAL	Pompa MATI
03:00	-	654	-	OPTIMAL	Pompa MATI
04:00	-	652	-	OPTIMAL	Pompa MATI
05:00	-	651	-	OPTIMAL	Pompa MATI
06:00	-	650	-	OPTIMAL	Pompa MATI
07:00	-	653	-	OPTIMAL	Pompa MATI
08:00	-	657	-	OPTIMAL	Pompa MATI
09:00	669	663	6	OPTIMAL	Pompa MATI
10:00	682	670	12	OPTIMAL	Pompa MATI
11:00	681	676	5	OPTIMAL	Pompa MATI
12:00	694	680	14	OPTIMAL	Pompa MATI

13:00	690	682	8	OPTIMAL	Pompa MATI
14:00	689	678	11	OPTIMAL	Pompa MATI
15:00	-	675	-	OPTIMAL	Pompa MATI
16:00	-	672	-	OPTIMAL	Pompa MATI
17:00	-	669	-	OPTIMAL	Pompa MATI
18:00	-	667	-	OPTIMAL	Pompa MATI
19:00	-	664	-	OPTIMAL	Pompa MATI
20:00	-	660	-	OPTIMAL	Pompa MATI
21:00	-	658	-	OPTIMAL	Pompa MATI
22:00	-	655	-	OPTIMAL	Pompa MATI
23:00	-	653	-	OPTIMAL	Pompa MATI
24:00	-	650	-	OPTIMAL	Pompa MATI

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan kontrol nutrisi hidroponik selada dengan metode *Nutrient Film Technique* (NFT) bertenaga surya telah berhasil dirancang dan diimplementasikan secara terintegrasi menggunakan ESP32, Firebase, dan *website* IoT. Sistem pemantauan ini menunjukkan tingkat presisi yang sangat tinggi dalam menggantikan pengukuran manual, dibuktikan dengan rata-rata akurasi sensor TDS yang mencapai 98,50% setelah dilakukan kompensasi dan kalibrasi, serta sensor suhu DS18B20 yang mencatatkan akurasi sebesar 98,64% pasca penerapan kalibrasi *offset* +0,87 °C. Dari sisi pengendalian, kinerja aktuator pompa peristaltik terbukti efektif mempertahankan kadar nutrisi pada rentang optimal tanpa menyebabkan terjadinya lonjakan berlebih di dalam tandon 200 liter. Hal tersebut dicapai melalui perancangan algoritma kontrol yang mengatur waktu penyalaan pompa selama 5 menit, diiringi dengan jeda pengadukan sirkulasi air selama 5 menit pada setiap siklus koreksi nutrisi. Selanjutnya, kinerja sistem tenaga surya *off-grid* yang menggunakan panel surya berkapasitas 100 Wp dan baterai 12V 30Ah dinilai sangat andal dalam memenuhi kebutuhan suplai daya kelistrikan. Sistem panel surya tersebut terbukti mampu melayani total konsumsi energi harian sistem monitoring dan kontrol sehingga alat dapat beroperasi secara kontinu selama 24 jam.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] R. M. Yozienanda, W. Widiarto, and A. Wijayanto, "Otomasi dan Monitoring Hidroponik pada Tanaman Selada dengan Metode Sonic Bloom Berbasis IoT," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 3, p. 422, 2022, doi: 10.26418/jp.v8i3.57392.

[2] I. Huda, H. Setyawan, and A. Brahma Nugroho, "Perancangan Sistem Hidroponik Dengan Metode NFT (Nutrient Film Technique) Pada Tanaman Selada (Laccuta Lativa L.)," *Hidro*, vol. 2, no. 1, pp. 1–26, 2019, [Online]. Available: http://repository.unmuhjember.ac.id/12350/10/j. Jurnal.pdf

[3] A. F. Nabila, D. R. Ramadhan, N. Ocstavella, and R. Fevria, "Aplikasi Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) pada Budidaya Tanaman Selada (Lactuca sativa L .)," pp. 1219–1226, 2023.

[4] J. Multidisiplin *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Nutrisi Otomatis Berbasis ESP32

dan IoT Blynk untuk Kebutuhan Tanaman Selada Hidroponik Drip monitoring dan kontrol berbasis jaringan dapat diterapkan dalam bidang pertanian untuk 2 . 1 Tanaman Selada pada Sistem Hidroponik Drip cara meneteskan larutan nutrisi secara langsung ke akar tanaman dalam jumlah dan," vol. 3, no. 2, 2026.

[5] Marisa, Carudin, and Ramdani, "430-File Utama Naskah-1740-1-10-20211230 (1)," *Otomatisasi Sist. Pengendali. Dan Pemantauan Kadar Nutr. Air Menggunakan Teknol. Nodemcu Esp8266 Pada Tanam. Hidroponik*, vol. 7, no. 2, pp. 127–134, 2021.

[6] E. Adrin, W. Sanadi, and A. Achmad, "Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire," vol. 22, no. 1, pp. 20–26, 2018, doi: 10.25042/jpe.052018.04.

[7] D. R. Wati and W. Sholihah, "PengonWati, D. R., & Sholihah, W. (2021). Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino. Multinetics, 7(1), 12–20. https://doi.org/10.32722/multinetics.v7i1.3504trol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sist," *Multinetics*, vol. 7, no. 1, pp. 12–20, 2021.

[8] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, "Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone," pp. 191–196, 2022.

[9] M. R. Putri, F. X. A. Setyawan, and S. Sumadi, "Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50Wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet of Things," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 3, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i3.2640.

[10] I. A. Vijaya, P. Utama, B. Harpad, S. Kom, and M. Kom, "SISTEM PENGENDALIAN NUTRISI TANAMAN SELADA PADA MEDIA HIDROPONIK MODEL NFT BERBASIS ARDUINO".

[11] N. A. Murani, S. Wahyuni, R. A. Pratiwi, and T. Firdaus, "Analisis Penggunaan Visual Studio Code Sebagai Editor Pemrograman Terbaik Untuk Pemula Pada Mahasiswa Informatika Universitas Nurul Huda," vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2025.

[12] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.

[13] S. Pendidikan *et al.*, "UJI KINERJA PANEL SURYA TIPE POLYCRYSTALLINE 100WP Dimas Ady Pratama Indra Herlamba Siregar Abstrak," pp. 79–85.

[14] P. Hidayatullah, M. Orisa, and A. Mahmudi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (Iot)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 1200–1207, 2023, doi: 10.36040/jati.v6i2.5433.

[15] M. Ramdhani, A. Rizal, F. T. Elektro, and U. Telkom, "RANCANG BANGUN TERMOMETER DIGITAL BERBASIS SENSOR DS18B20 UNTUK PENYANDANG TUNANETRA (DESIGN DIGITAL THERMOMETER BASED ON SENSOR DS18B20 FOR BLIND," vol. 4, no. 3, pp. 3294–3301, 2017.

[16] I. P. P. Mahardika, P. Pande, D. Ryana, D. C. Khrisne, and I. M. Arsa, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERTANIAN HIDROPONIK BERBASIS IoT DAN APLIKASI MOBILE (HYDROTECH)," vol. 12, no. 3, 2025.

[17] H. Sungkowo, A. Setiawan, B. I. Kurniawan, and E. E. Putra, "ANALISIS PENGUJIAN RELAY PROTEKSI MENGGUNAKAN RELAY TESTING UNIT TIPE PTE-100-C PLUS," pp. 54–59.

[18] D. Paburru, "MENINGKATKAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN CABAI KATOKKON (Capsicum chinense Jacq .) SECARA HIDROPONIK DENGAN PENGONTROLAN NILAI EC (ELECTRICAL CONDUCTIVITY) Effect of AB Mix Nutrient Solution Concentration in Increasing The Growth and Yield of Katokkon Chili (Capsicum chinense Jacq .) tinggi Kabupaten Tana-Toraja Sulawesi Selatan," vol. 12, no. 4, pp. 1036–1046, 2024.