

Rancang Bangun Prototipe Sistem Fertigasi Dan *Refill* Larutan Nutrisi Otomatis Tanaman Selada Hidroponik Berbasis IoT

Aprilia Amrina Ainurrosyidah^{1*)}, Happy Nugroho¹⁾, Arif Harjanto¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mulawarman

E-mail: rosyidah0204@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan alih fungsi lahan pertanian mendorong kebutuhan teknologi modern untuk meningkatkan efisiensi lahan dan produktifitas. Salah satu solusi adalah penerapan *smart farming* berbasis *internet of things* (IoT) melalui sistem hidroponik. Penelitian ini bertujuan mereplikasi penelitian sebelumnya sekaligus mengembangkan sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi otomatis pada tanaman selada dengan konsentrasi naik secara bertahap sesuai usia tanam yaitu 300-500 ppm (1-7 HST), 570-745 ppm (8-21 HST), dan 800-900 ppm (22-35 HST). Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan sensor TDS, Sensor ultrasonik HC-SR04, serta modul RTC, dan monitoring dilakukan secara *real-time* melalui aplikasi Thinger.io. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memonitoring, membuat, dan mengirigasikan larutan nutrisi sesuai usia tanam dengan hasil simulasi 463,71-526,28 ppm (1-7 HST), 490,88-768,48 ppm (8-21 HST), dan 668,15-969,83 ppm (22-35 HST). Terdapat 55 data yang melewati batas interval dengan perhitungan MAPE 3,727% dan sensor TDS memiliki nilai MAPE 7,568% sehingga sistem dan sensor TDS dikatakan memiliki keakuratan yang sangat baik. Selain itu sistem mampu menstabilkan konsentrasi larutan setelah melakukan proses fertigasi dengan cara proses pencampuran atau pengenceran larutan nutrisi.

Kata Kunci: fertigasi, hidroponik, *refill*, ESP32, sensor TDS

ABSTRACT

Population growth and the conversion of agricultural land have created the need for modern technology to improve efficiency and productivity. One solution is the implementation of smart farming based on the internet of things (IoT) through hydroponic systems. This study aims to replicate previous research while further developing an automatic fertigation and nutrient refill system for lettuce plants, with nutrient concentrations adjusted gradually according to plant growth stages: 300-500 ppm (1-7 DAP), 570-745 ppm (8-21 DAP), and 800-900 ppm (22-35 DAP). The system was designed using a NodeMCU ESP32 microcontroller equipped with a TDS sensor, ultrasonic sensor HC-SR04, and RTC module, while monitoring was carried out in real time through the thinger.io application. Experimental results showed that the system was capable of monitoring, preparing, and irrigating nutrient solutions according to plant age, with simulated outcomes of 463,71-526,28 ppm (1-7 DAP), 490,88-768,48 ppm (8-21 DAP), and 668,15-969,83 ppm (22-35 DAP). A total of 55 data points exceeded the defined interval limits, with a calculated MAPE of 3,727%, indicating that the system achieved a very high level of accuracy. The TDS sensor also demonstrated very good accuracy with a MAPE value of 7,568%. In addition, the system was able to stabilize nutrient concentrations after fertigation through a mixing or dilution process.

Keyword: fertigation, hydroponic, *refill*, EDP32, TDS sensor

1. Pendahuluan

Akibat dari kepadatan penduduk dan alih fungsi lahan pertanian maupun perkebunan menjadi dasar pengembangan teknologi guna efisiensi lahan pertanian ataupun perkebunan (Dewi et al., 2021). Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah dengan mengubah pertanian konvensional menjadi pertanian modern (*Smart farming*) yaitu dengan pertanian hidroponik, hal ini sesuai dengan pola ilmiah pokok Universitas Mulawarman (PIP UNMUL) yaitu pemanfaatan lingkungan, iklim serta teknologi. Salah satu sistem hidroponik yang banyak digunakan yaitu sistem NFT (*Nutrient Film Technique*) untuk perkebunan sayur-sayuran seperti selada, sawi, seledri, dan lain-lain. Hal ini dikarenakan instalasi tanam yang fleksibel dapat disesuaikan dengan lahan yang tersedia, selain itu menggunakan prinsip menanam tanaman dalam

air yang mengalir terus menerus sehingga kaya akan oksigen dan efisiensi penggunaan larutan nutrisi karena digunakan berkali-kali hingga habis (Harsono, 2020; Kaleka, 2018).

Penggunaan *smart farming* dengan *Internet Of Things* (IoT) sangat berguna untuk menunjang produktivitas hasil pertanian dengan maksimal karena dapat mengatur dan memprediksi hasil panen serta menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi para petani, contohnya pada sistem fertigasi (Bafdal & Ardiansah, 2020). Pemberian larutan nutrisi dapat dilakukan secara otomatis begitu pun dengan pengisian ulang (*refill*) larutan nutrisi untuk tanaman hidroponik dan penyesuaikan ppm yang dibutuhkan tanaman hidroponik tersebut. Beberapa penelitian terdahulu yang telah mengkaji dan melakukan penggunaan *smart farming* dengan IoT yaitu pada penelitian (Wibawa et al., 2021) dirancang sistem pembuatan nutrisi pada fertigasi hidroponik dengan menggunakan Arduino, Sensor DS18B20, Sensor Keyestudio KS0429, berbasis IoT yang terintegrasi *smartphone*, penelitian (Asrori & Murdani, 2023) menggunakan metode fuzzy dalam menentukan keluaran nutrisi yang dibutuhkan pada proses pencampuran, penelitian (Nurcahyo et al., 2020) pembuatan nutrisi dilakukan sesuai usia tanam dengan toleransi +50 ppm untuk berbagai jenis tanaman salah satunya tanaman selada, penelitian (Supriyanto, 2021) mengintegrasikan sistem pembuatan nutrisi dengan telegram sebagai media *monitoring* sistem, dan penelitian (Atmaja & Kusuma, 2020) dirancang sistem pembuatan nutrisi dan penstabil pH larutan nutrisi hidroponik dengan menggunakan Arduino Uno.

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan mereplikasi penelitian sebelumnya dan melakukan pengembangan yaitu membuat larutan nutrisi sesuai usia tanam tanaman selada dengan konsentrasi larutan nutrisi untuk usia 1-7 HST diberikan nutrisi sebesar 300-500 ppm, pada usia 8-21 HST diberikan nutrisi sebesar 570-745 ppm, dan pada usia 22-35 HST diberikan nutrisi sebesar 800-900 ppm serta mengirigasikan larutan nutrisi ke tanaman selada dan melakukan monitoring secara *real time* melalui aplikasi thinger.io mobile.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan nilai rata-rata dari selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya, dinyatakan dalam bentuk persentase dari nilai sebenarnya. Penggunaan MAPE dalam evaluasi hasil peramalan memungkinkan untuk mengukur sejauh mana tingkat akurasi prediksi terhadap nilai sebenarnya. Nilai MAPE dapat dihitung dengan Persamaan (1) dan (2).

$$PE = \left(\frac{\text{Nilai aktual} - \text{Nilai peramalan}}{\text{Nilai aktual}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{\sum PE}{n} \quad (2)$$

Keterangan : PE = Persentase error
 n = Jumlah data

McGee, 2000

Semakin rendah nilai MAPE yang dihasilkan maka semakin baik tingkat keakurasi model tersebut, sebaliknya semakin tinggi nilai MAPE yang dihasilkan maka semakin buruk tingkat keakurasi model tersebut. Pada MAPE terdapat beberapa tingkatan atau jangkauan (*range*) yang dapat dijadikan acuan untuk mengetahui apakah suatu model dapat disebut layak atau tidak digunakan berdasarkan tingkat akurasi yang dimiliki. Rentang nilai MAPE yang digunakan sebagai acuan tingkat akurasi suatu model peramalan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Range Nilai MAPE

| Range MAPE | Keterangan |
|------------|-------------------------------|
| < 10% | Tingkat keakurasi sangat baik |
| 10% < 20% | Tingkat keakurasi baik |
| 20% - 50% | Tingkat keakurasi layak |
| > 50% | Tingkat keakurasi buruk |

Sumber: Ranggadara, 2020)

2. Metode Penelitian

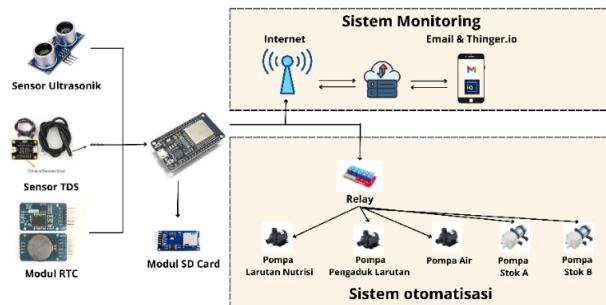
Penelitian ini dilakukan setelah melalui tahapan penentuan topik, studi pendahuluan, studi literatur, perancangan desain, pembuatan prototype, pengujian, dan pengumpulan serta analisis hasil pengujian. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental dengan data yang dikumpulkan merupakan data kuantitatif dan menggunakan teknik analisis statistik deskriptif.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputasi Dan Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua, Jl. Sambaliung No.9, Kec.Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur.

B. Desain Sistem

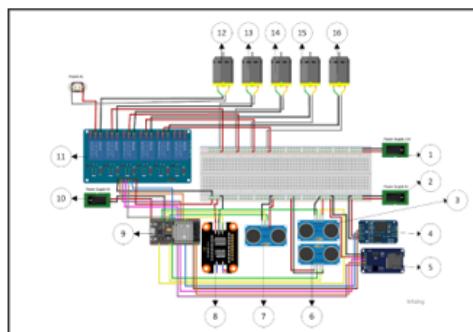
Bentuk diagram blok dari sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi dapat dilihat pada Gambar 1, dimana pada gambar tersebut mengilustrasikan integrasi antar komponen pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Bagian *input* terdapat *power supply* sebagai sumber daya listrik semua komponen, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor TDS, serta modul RTC. Setelah itu data yang diperoleh dari sensor dan modul RTC akan di proses didalam Mikrokontroler NodeMCU ESP32 sehingga NodeMCU ESP32 dapat memberikan perintah berupa *output* ke relay untuk menghidup atau matikan pompa, apabila kondisi tertentu terpenuhi dapat dilihat pada Gambar 4 flowchart pengisian dan pencampuran larutan nutrisi, selain itu data akan disimpan pada *microSD card* melalui modul SD sebagai penyimpanan cadangan apabila ada data yang tidak tercatat pada *data buckets* thinger.io. Thinger.io akan menyimpan data pada *data buckets* dan menampilkan hasil pembacaan sensor pada *dashboard*, serta mengirim notifikasi email apabila kondisi tertentu terpenuhi.

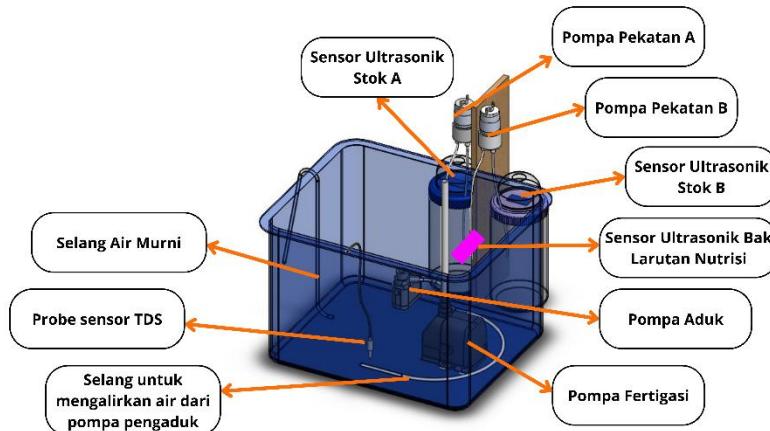
Rangkaian skematis dari sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi dapat dilihat pada Gambar 2, dimana pada gambar tersebut mengilustrasikan alur dari perakitan komponen pada penelitian ini.



| No. label | Nama | Pin GPIO NodeMCU ESP32 |
|-----------|---------------------------------|--|
| 1 | Power supply 12V 5A | - |
| 2 | Power supply 5V 2A | - |
| 3 | Sensor Ultrasonik (Stok A) | Trig 17, Echo 16 |
| 4 | Modul RTC DS3231 | SCA 21, SCL 22 |
| 5 | Modul micro SD Card | CS 5, SCK 18, MISO 19, MOSI 23 |
| 6 | Sensor Ultrasonik (Stok B) | Trig 15, Echo 13 |
| 7 | Sensor Ultrasonik (Bak nutrisi) | Trig 14, Echo 12 |
| 8 | Sensor TDS | Analog 35 |
| 9 | NodeMCU ESP32 | - |
| 10 | Power supply 9V 1A | - |
| 11 | Relay 6 Channel | IN1 32, IN2 33, IN3 25, IN4 26, IN5 27 |
| 12 | Pompa larutan nutrisi | IN1 32 |
| 13 | Pompa pengaduk | IN2 33 |
| 14 | Pompa air | IN3 25 |
| 15 | Pompa Stok A | IN4 26 |
| 16 | Pompa Stok B | IN5 27 |

Gambar 2. Rangkaian Skematis Sistem

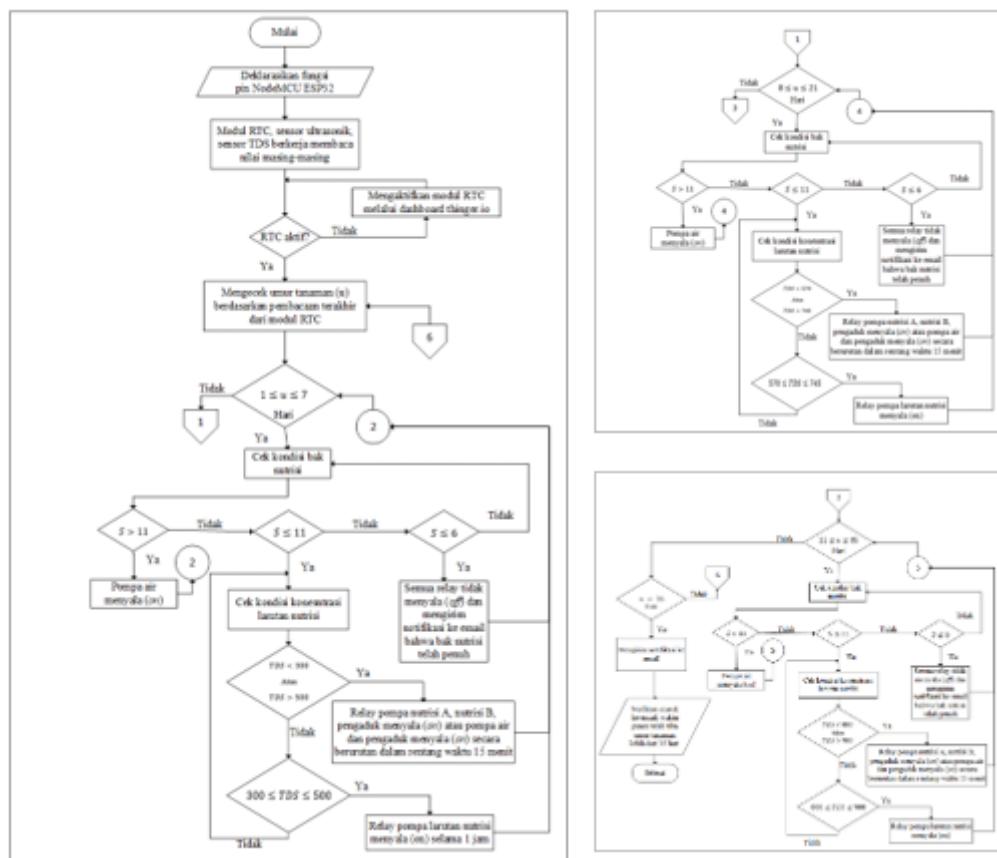
Desain dari *prototype* sistem ferigasi dan *refill* larutan nutrisi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain *Prototype* Sistem

C. *Flowchart* Sistem

Pada penelitian ini dilakukan pada tahapan pindah tanam (pembesaran) hingga panen, karena tahapan persemaian berada diluar perangkat hidroponik dan pada tahap ini tidak membutuhkan kontrol larutan nutrisi.

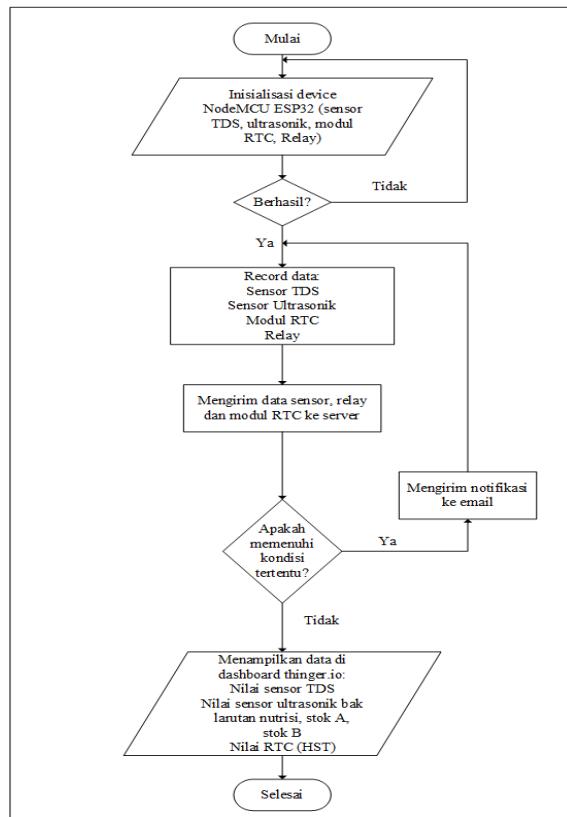


Gambar 4. *Flowchart* Sistem Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan pada tahap pertama fungsi pin NodeMCU ESP32 dideklarasikan atau diinisialisasi, selanjutnya modul RTC membaca keterangan waktu berupa tanggal,

bulan, tahun, sensor ultrasonik membaca jarak dari sensor ke air, sensor TDS membaca kandungan zat terlarut dalam air dalam satuan ppm. Pembacaan usia tanam dilakukan berdasarkan modul RTC yang disetting pada *dashboard* thinger.io apabila pada *dashboard* thinger.io *switch button* RTC diaktifkan (*on*) maka tanggal, bulan, tahun yang terbaca akan ditetapkan sebagai hari pertama, apabila *switch button* RTC dinon-aktifkan (*off*) maka tanggal, bulan, tahun direset berdasarkan ketetapan yang telah ditentukan yaitu 01/01/2000. Saat *switch button* RTC diaktifkan dilakukan pembacaan usia tanam dari 1 HST hingga 35 HST dan dilakukan pengecekan kondisi bak larutan nutrisi, serta penyesuaian konsentrasi larutan nutrisi sesuai kebutuhan yang diperlukan pada usia yang terbaca. Pada bagian pengecekan kondisi bak larutan nutrisi memiliki 3 jenis kondisi yaitu bak larutan nutrisi dalam keadaan kosong dimana jarak antara sensor ultrasonik bak ke permukaan air atau dasar bak lebih dari 11 cm, bak larutan nutrisi dalam keadaan berisi dimana jarak antara sensor ultrasonik bak ke permukaan air kurang dari 11 cm, bak larutan nutrisi dalam keadaan penuh dimana jarak antara sensor ultrasonik bak ke permukaan air kurang dari atau sama dengan 6 cm. Penyesuaian konsentrasi larutan saat nilai TDS lebih kecil atau lebih besar dari batas minimal atau maksimal kebutuhan nutrisi pada usia terbaca dilakukan selama 20 menit. Sedangkan apabila penyesuaian konsentrasi larutan telah tercapai yaitu nilai TDS diantara kebutuhan minimal dan maksimal pada usia terbaca maka larutan nutrisi akan diirigasikan atau disalurkan ke perangkat hidroponik dan diserap oleh tanaman selada, proses ini akan berjalan selama 1 jam. Setelah berjalan selama 1 jam maka akan dilakukan proses pengecekan bak nutrisi dan penyesuaian konsentrasi larutan nutrisi kembali. Hal ini akan dilakukan secara terus menerus hingga usia tanam mencapai 36 HST dimana pada hari ke 36 HST akan dilakukan panen tanaman selada.

Flowchart perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar tersebut mengilustrasikan langkah-langkah pengintegrasian antara NodeMCU ESP32 dan thinger.io. Data-data hasil pembacaan akan dikirim ke server dan disimpan dalam *data buckets*, setelah itu data akan ditampilkan pada *dashboard* thinger.io, selain itu pada kondisi yang telah ditentukan notifikasi akan dikirimkan ke email (kondisi dapat dilihat pada Gambar 4). Pada penelitian ini digunakan aplikasi thinger.io *mobile* dan Gmail sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan *monitoring* sistem fertigasi dan *refill* larutan hidroponik.



Gambar 5. *Flowchart* Perangkat Lunak

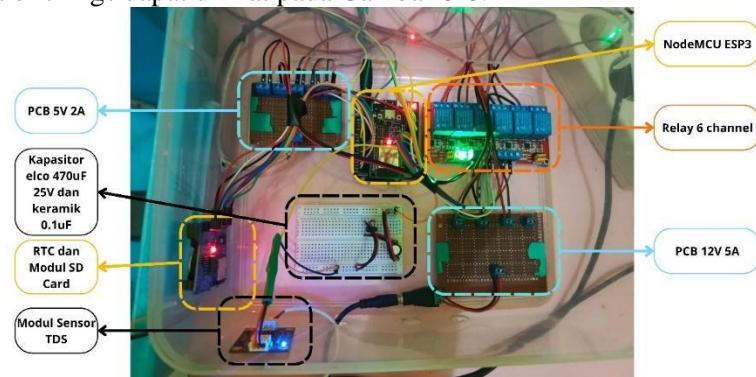
D. Pengujian Sistem

Pada penelitian ini dilakukan pengujian parsial pada sistem perangkat keras dan perangkat lunak, setelah itu dilakukan pengujian keseluruhan sistem dengan simulasi. Pada pengujian keseluruhan sistem merupakan gabungan antara sistem perangkat keras dan perangkat lunak dimana akan dilakukan pengambilan data dengan simulasi penambahan umur tanaman 1 hari per 2 jam sehingga penelitian ini dilakukan selama 3 hari untuk mengumpulkan data dari umur 1 – 35 HST. Simulasi dimulai dari kondisi awal modul RTC tidak aktif dan bak nutrisi dalam keadaan kosong, setelah itu modul RTC diaktifkan untuk menentukan tanggal awal modul RTC dihidupkan sebagai umur tanaman 1 HST selanjutnya dilakukan pengecekan kondisi volume bak nutrisi dan kandungan zat terlarut dalam air secara terus menerus.

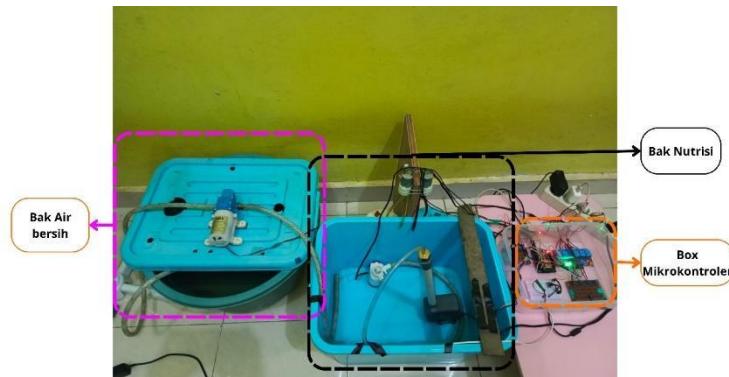
3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Perancangan dan Pembangunan Sistem

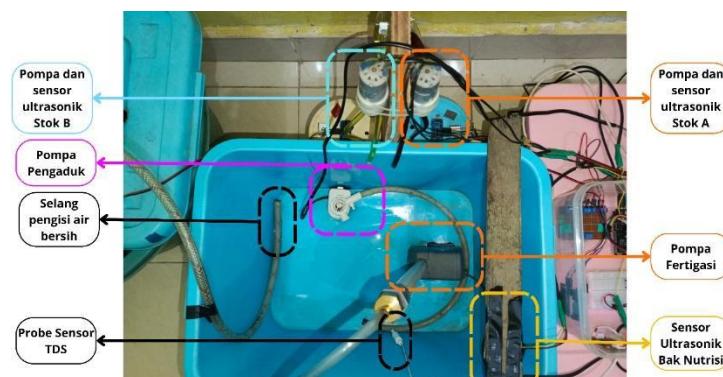
Hasil dari perancangan sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi otomatis tanaman selada hidroponik berbasis internet of things dapat dilihat pada Gambar 6-8.



Gambar 6. Box Rangkaian Komponen



Gambar 7. Model Simulasi Prototype



Gambar 8. Peletakan Komponen pada Bak Larutan Nutrisi

B. Hasil Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras meliputi pengujian adaptor, NodeMCU ESP32, Sensor Ultrasonik, Sensor TDS, dan Pompa. Hasil dari pengujian perangkat keras memiliki hasil yang baik jika dibandingkan dengan datasheet pada masing-masing komponen. Berikut cuplikan dari hasil pengujian sensor TDS dapat dilihat pada Tabel 2.

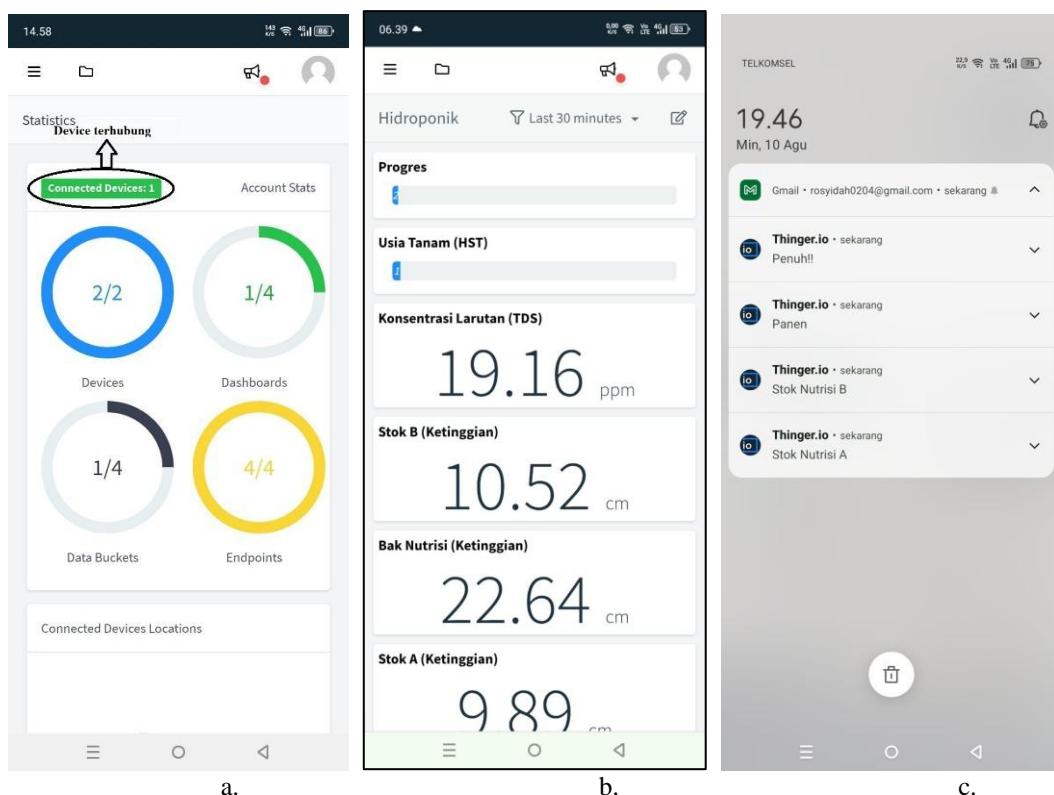
Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor TDS

| Uji Ke- | TDS Meter (ppm) | Sensor TDS (ppm) | PE (%) |
|--|--------------------|---------------------|---------|
| 1 | 72 | 46,53 | 35,375 |
| 2 | 72 | 59,92 | 16,778 |
| 3 | 72 | 73,90 | 2,639 |
| 4 | 72 | 87,81 | 21,958 |
| 5 | 72 | 95,11 | 32,097 |
| ... | | | |
| Jumlah Persentase Error (PE) % | | | 227,050 |
| Mean Absolute Percentage Error (MAPE) | | | 7,568 |

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian sensor TDS memiliki nilai MAPE sebesar 7,568, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor TDS dapat membaca jumlah zat terlarut dalam air dengan sangat akurat.

C. Hasil Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat terhubungan dan berkomunikasi dengan thinger.io dan apakah thinger.io dapat mengirim notifikasi ke email apabila syarat yang telah ditentukan terpenuhi dengan rentang waktu antar notifikasi per 5 menit. Berdasarkan hasil pengujian blackbox menunjukkan bahwa sistem dapat terhubung dan berkomunikasi dengan baik dengan thinger.io serta thinger.io dapat mengirimkan pesan ke email melalui endpoint dengan rentang waktu per 5 menit. Dokumentasi hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. a) Koneksi Device, b) Tampilan dashboard, c) Notifikasi Email

D. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

| Uji Ke- | Usia Tana m (HST) | TDS (ppm) | | Sensor TDS (ppm) | Sensor Ultrasonik (cm) | | | | Relay | | | | Ket |
|---------|-------------------|-----------|-----|------------------|------------------------|--------|--------|---------------|----------------|----------|-------------|-------------|-------|
| | | Min | Max | | Bak Nutrisi | Stok A | Stok B | Pom. Pengaduk | Pom. Fertigasi | Pom. Air | Pom. Stok A | Pom. Stok B | |
| 1 | 1 | 300 | 500 | 80,02 | 12,85 | 12,7 | 13,4 | OFF | OFF | ON | OFF | OFF | BK |
| 2 | 1 | 300 | 500 | 111,02 | 10,54 | 12,7 | 13,4 | ON | OFF | OFF | ON | ON | BB,PC |
| 3 | 1 | 300 | 500 | 424,85 | 10,54 | 12,7 | 15,5 | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | PC |
| 4 | 1 | 300 | 500 | 505,6 | 10,54 | 12,7 | 15,5 | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | PC |
| 5 | 1 | 300 | 500 | 508,12 | 10,54 | 12,7 | 15,5 | ON | OFF | ON | OFF | OFF | PN |
| | | | | | | | | ... | | | | | |

*Keterangan :

BK = Bak Kosong

BB = Bak Berisi

BP = Bak Penuh

PC = Proses Pencampuran

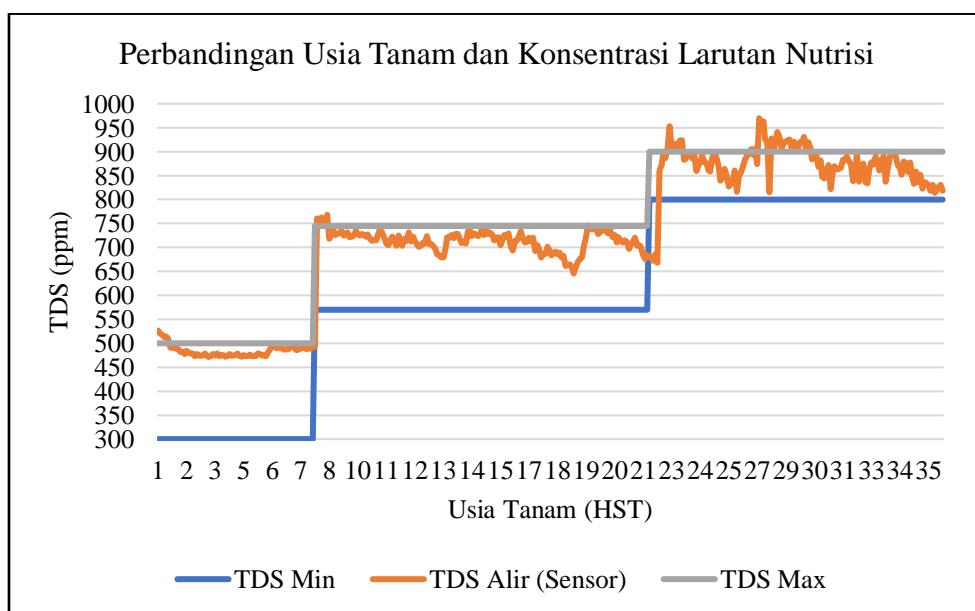
PN = Proses Pengenceran

PF = Proses Fertigasi

Berdasarkan Tabel 3. Dapat disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dimana sesuai dengan flowchart pada Gambar 4.

E. Analisi Hasil Pengujian Sistem

Berdasarkan data pangamatan pada Tabel 3. Dapat dibentuk grafik perbandingan usia tanam dan konsentrasi larutan nutrisi yang dialirkan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Usia Tanam dan Konsentrasi Larutan Nutrisi

Pada grafik tersebut dapat diketahui terdapat beberapa data yang melewati batas minimal dan maksimal yang telah ditetapkan hal ini dikarenakan terdapat fluktuasi hasil pembacaan sensor TDS terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pembacaan sensor TDS yaitu suhu air, nilai ADC dari NodeMCU ESP32, pengaruh intervensi elektromagnetik, atau terdapat partikel yang sangat kecil terlarut dalam larutan nutrisi sehingga nilai TDS berubah. Pada sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi ini apabila setelah proses fertigasi dan nilai TDS yang terbaca dari sensor TDS masih berada diatas

TDS maksimal ataupun dibawah TDS minimal maka akan dilakukan pengaturan atau penyesuaian larutan nutrisi dengan proses pengenceran ataupun pencampuran larutan nutrisi sehingga larutan nutrisi yang diberikan ke tanaman selada akan tepat sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Apabila data-data hasil pembacaan sensor TDS yang dialirkkan dan melewati batas minimal atau maksimal yang telah ditetapkan disajikan dalam bentuk tabel untuk melihat tingkat keakurasaan sistem dalam mengirigasikan larutan nutrisi sesuai usia tanam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Konsetrasi Larutan Nutrisi yang Melewati Batas Interval

| No. | Usia Tanam | Sensor TDS (ppm) | TDS Minimal (ppm) | TDS Maksimal (ppm) | PE (%) |
|--|------------|------------------|-------------------|--------------------|--------|
| 1 | 1 | 526,28 | 300 | 500 | 5,256 |
| 2 | 1 | 519,85 | 300 | 500 | 3,970 |
| 3 | 1 | 518,13 | 300 | 500 | 3,626 |
| 4 | 1 | 513,58 | 300 | 500 | 2,716 |
| 5 | 1 | 514,38 | 300 | 500 | 2,876 |
| ... | | | | | |
| <i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i> | | | | | 3,727 |

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh hasil perhitungan nilai MAPE sebesar 3,727% sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi memiliki tingkat keakurasaan sangat baik dalam mengirigasikan larutan nutrisi sesuai usia tanam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perancangan *prototype* sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi otomatis tanaman selada hidroponik berbasis *Internet Of Things* dengan menggunakan NodeMCU ESP32 didapatkan hasil bahwa sistem mampu membuat dan mengirigasikan larutan nutrisi nutrisi sesuai usia tanam tanaman selada dengan konsentrasi usia 1-7 HST diberikan nutrisi 300 – 500 ppm saat dilakukan simulasi konsentrasi yang diirigasikan yaitu 463,71 – 526,28 ppm, untuk usia 8-22 HST diberikan nutrisi 570 – 745 ppm saat dilakukan simulasi konsentrasi yang diirigasikan yaitu 490,88 – 768,48 ppm, untuk usia 21-35 diberikan nutrisi 800 – 900 ppm saat dilakukan simulasi konsentrasi yang diirigasikan yaitu 668,15 – 969,83 ppm. Pada pengujian keseluruhan sistem terdapat 55 data pada proses fertigasi yang melewati nilai batas interval yang ditetapkan, sehingga dilakukan perhitungan nilai MAPE terhadap data tersebut untuk mengetahui tingkat keakurasaan sistem dalam mengirigasikan larutan nutrisi, pada perhitungan nilai MAPE tersebut diperoleh nilai sebesar 3,727%, dengan perolehan nilai MAPE tersebut dapat dikatakan sistem memiliki tingkat keakurasaan sangat baik selain itu sensor TDS yang berfungsi membaca konsentrasi larutan nutrisi memiliki tingkat keakurasaan yang sangat baik dengan nilai MAPE sebesar 7,568%, sehingga dapat membaca konsentrasi larutan dengan keakurasaan sangat baik
2. Pada pengaplikasian *Internet Of Things* untuk melakukan *monitoring* dengan menggunakan thinger.io pada *prototype* sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi otomatis tanaman selada hidroponik didapatkan hasil bahwa sistem dapat terhubung dengan baik, pertukaran data dapat berjalan dengan baik sehingga monitoring dapat dilakukan melalui *smartphone* dengan menggunakan aplikasi thinger.io. Pengintegrasian *prototype* sistem fertigasi dan *refill* larutan nutrisi otomatis tanaman selada hidroponik dengan email untuk mengirimkan notifikasi dibutuhkan *endpoint* dari thinger.io, *endpoint* tersebut dipanggil melalui NodeMCU ESP32 dengan rentang waktu 5 menit dengan kondisi-kondisi yang telah ditentukan. Hasil dari pengintegrasian tersebut dapat berjalan dengan baik, selama kondisi tertentu terpenuhi maka notifikasi dapat diterima oleh *smartphone* melalui aplikasi Gmail dengan rentang waktu 5 menit.

5. Daftar Pustaka

- Asrori, M., & Murdani, M. H. (2023). Sistem Pemberian Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino. *Journal of System Engineering and Technological Innovation (JISTI)*, 2(1), 91–99. <https://doi.org/10.38156/jisti.v2i01.37>
- Atmaja, T., & Kusuma, A. P. (2020). Alat Pengontrol Kadar pH Air dan Nutrisi AB Mix Menggunakan Arduino Pada Sistem Hidroponik Sayur Hijau. *Jurnal Teknika*, 12(2), 81. <https://doi.org/10.30736/jt.v13i2.475>
- Bafdal, N., & Ardiansah, I. (2020). *Smart Farming Berbasis Internet Of Things dalam Greenhouse*. Sumedang: Unpad Press.
- Dewi, I. Z. T., Ulinuha, M. F., Mustofa, W. A., Kurniawan, A., & Rakhmadi, F. A. (2021). Smart Farming: Sistem Tanaman Hisroponik Terintegrasi IoT MQTT Panel Berbasisi Android. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 9(1), 71–78. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2021.009.01.08>
- Harsono, Y. (2020). *Sukses Hidroponik Untuk Pemula*. Semarang: Laksana. <https://books.google.co.id/books?id=fQjZzwEACAAJ>
- Kaleka, N. (2018). *Hidroponik Sistem NFT Skala Rumah Tangga*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press. <https://books.google.co.id/books?id=QdnYzwEACAAJ>
- Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(2), 250–255. <https://doi.org/10.33633/joins.v5i2.3900>
- Nurcahyo, A. R., Prawiroredjo, K., & Sulaiman, S. (2020). Prototipe Sistem Pembuatan Larutan Nutrisi Otomatis pada Hidroponik Metode Nutrient Film Technique. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 19(2), 71–82. <https://doi.org/10.31358/techne.v19i02.230>
- Supriyanto, T. (2021). Sistem Pemberian Nutrisi Bayam Hidroponik Berbasis IoT Terintegrasi Telegram. *Spektral*, 2(2), 64–69. <https://doi.org/10.32722/spektral.v2i2.4172>
- Wibawa, I. M. A. D. T., Sumiyati, S., & Budisanjaya, I. P. G. (2021). Rancang Bangun Sistem Pencampuran Nutrisi pada Fertigasi untuk Hidroponik Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 10(1), 175. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2022.v10.i01.p18>
- Yaffee, R. A., & McGee, M. (2000). *An Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: With Applications of SAS® and SPSS®*. Amsterdam: Academic Press. <https://books.google.co.id/books?id=LSojZBiBZBgc>