

Rancang Bangun Sistem Fertigasi Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan IoT (Internet of Things)***Design of Automatic Fertigation System Based on Microcontroller and IoT (Internet of Things)*****Yogi Anggayana, I Putu Gede Budisanjaya*, Ida Bagus Putu Gunadnya***Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia***email: budisanjaya@unud.ac.id***Abstrak**

Sistem hidroponik dapat menjadi solusi dalam menghasilkan sayur-sayuran yang lebih berkualitas dan berkelanjutan. Penggunaan larutan nutrisi melalui sistem fertigasi adalah bagian penting dalam sistem hidroponik. Akan tetapi, pengontrolan alat fertigasi tersebut banyak yang dilakukan secara manual, sehingga pekerja sering kesulitan dalam menjalankan rutinitas. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem otomatis pada alat fertigasi yang menggunakan teknologi mikrokontroler dan Internet of Things. Metode penelitian dilakukan dengan merancang prototipe sistem fertigasi otomatis yang melibatkan perancangan fungsional dan desain struktural perangkat keras serta perangkat lunak untuk pemrosesan data. Hasil dari rancang bangun prototipe fertigasi otomatis menggunakan ESP 32 sebagai mikrokontroler, sensor TDS meter KS0429, Sensor suhu DS18B20, Sensor pH 4502C, Sensor JSN-SR04T sebagai pengukur ketinggian air, RTC DS3231 SN sebagai penentu waktu, relay sebagai saklar output, pompa air sebagai output penambah nutrisi dan air, LCD 16x2, buzzer dan button sebagai sistem pemantauan dan kontrol, serta perangkat lunak Blink sebagai sistem pemantauan melalui smartphone. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan cara uji sensor dan uji sistem. Pengujian pada sensor TDS meter, sensor ultrasonik, sensor suhu, sensor pH menunjukkan nilai Sig. (2-tailed): $0,000 < 0,05$, berarti terdapat korelasi yang signifikan, serta nilai Pearson Correlation = 1, berarti menunjukkan korelasi sempurna, serta hasil pengujian sistem dengan nilai RMSE = 0,042, maka prototipe fertigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT dapat dinyatakan bekerja dengan baik.

Kata kunci: *fertigasi, hidroponik, iot, otomatis***Abstract**

Hydroponic systems can be a solution in producing more quality and sustainable vegetables. The use of nutrient solutions through fertigation systems is an important part of hydroponic systems. However, many of the control of the fertigation equipment is done manually, so workers often have difficulty in carrying out routines. The purpose of this research is to design and build an automated system on fertigation equipment using microcontroller technology and the Internet of Things. The research method was carried out by designing a prototype of an automated fertigation system that involves the functional design and structural design of hardware and software for data processing. The results of the design of the automatic fertigation prototype using ESP 32 as a microcontroller, KS0429 TDS meter sensor, DS18B20 temperature sensor, pH 4502C sensor, JSN-SR04T sensor as water level meter, RTC DS3231 SN as a timer, relay as an output switch, water pump as an output to increase nutrients and water, 16x2 LCD, buzzer and button as a monitoring and control system, and Blink software as a monitoring system through smartphones. The performance test of the tool is carried out by means of sensor test and system test. Tests on TDS meter sensors, ultrasonic sensors, temperature sensors, pH sensors show value of Sig. (2-tailed): $0.000 < 0.05$, meaning there is a significant correlation, and Pearson Correlation = 1, indicating a perfect correlation, and the test results of the system with RMSE = 0.042, then the microcontroller-based and IoT-based automatic fertigation prototype can be declared to work well.

Keywords: *automation, fertigation, hydroponics, iot***PENDAHULUAN**

Kebutuhan pangan manusia semakin meningkat seiring bertambahnya populasi penduduk. Namun, peningkatan kebutuhan ini tidak sesuai dengan

jumlah lahan pertanian yang semakin sempit karena alih fungsi lahan menjadi pemukiman (Wibowo et al., 2022). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menghasilkan sayuran yang berkualitas tinggi secara kontinyu dengan kuantitas yang tinggi per

tanamannya adalah dengan sistem hidroponik (Rosliani & Sumarni, 2005). Sistem hidroponik menggunakan larutan nutrisi yang mengandung komposisi garam-garam organik yang berimbang untuk menumbuhkan perakaran dengan kondisi lingkungan yang ideal (Rosliani & Sumarni, 2005). Salah satu larutan nutrisi yang dapat digunakan adalah nutrisi A-B Mix atau pupuk racikan yang diformulasikan secara khusus dengan jenis tanaman buah seperti tanaman buah (paprika, tomat, melon) dan sayuran daun (selada, pakcoy, caisim, bayam, horenzo, dsb), strawberry, mawar, krisan, dan lain-lain (Pohan & Oktojournal, 2019). Pemberian nutrisi dilakukan dengan melarutkan nutrisi atau disebut dengan sistem fertigasi. Namun, sistem fertigasi dengan cara manual memerlukan pengontrolan yang rutin. Hal ini dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler untuk membuat sistem fertigasi otomatis (Pitono, 2019).

Mikrokontroler sudah banyak digunakan dalam pembuatan alat otomatis dalam bidang pertanian, namun umumnya berupa Arduino. Pada penelitian kali ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP 32 DevkitC V4 yang merupakan generasi versi ke 4 dari generasi ESP-WROOM-32s. Dalam waktu yang singkat, petani harus memperhatikan suhu air, pH air, nutrisi yang diberikan, dan melakukan tindakan untuk mengatasinya maka diperlukan mikrokontroler yang mumpuni untuk mampu mengatur beberapa sensor dan aktuator yang digunakan bersamaan. ESP 32 DevKitC V4 telah memiliki modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth* sehingga tidak memerlukan modul *Wi-Fi* tambahan untuk melakukan pengiriman data ke jaringan. Mengirimkan data ke jaringan internet merupakan salah satu pemanfaatan IoT yang memudahkan petani dalam melakukan pemantauan secara *real time*.

Penelitian yang serupa pernah dilakukan oleh (Wibawa, 2021) terkait sistem pencampuran nutrisi hidroponik otomatis berbasis IoT. Tetapi, penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, seperti pemberian *Set Point* yang masih manual sehingga perlu dilakukan penentuan *Set Point* agar alat dapat bekerja. Dalam beberapa penelitian lain (Denanta, 2020) juga belum ada yang memadukan sensor *Total Dissolved Solids* (TDS), sensor *Potential of Hydrogen* (pH), dan sensor suhu secara bersamaan. Melihat besarnya tantangan dan kebutuhan yang mendesak untuk meningkatkan kualitas dan

kuantitas pangan manusia dan melanjutkan penelitian yang sudah pernah dilaksanakan sebelumnya, peneliti bertujuan untuk merancang bangun dan menguji kinerja prototipe sistem fertigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT (*Internet of Things*).

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem Manajemen Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Sudirman. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2024 sampai dengan bulan Agustus 2024.

Bahan dan Alat

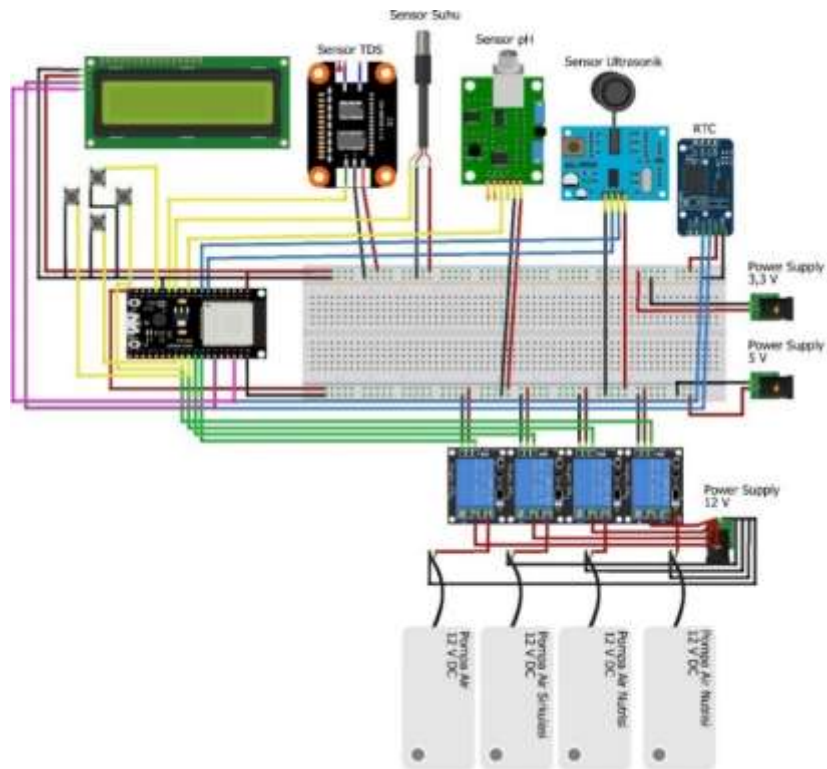
Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ESP32 - DEVKITC V4, sensor TDS meter KS0429 Keyestudio V 1.0, sensor ultrasonik JSN-SR04T, sensor suhu DS18B20, modul sensor pH 4502C, *relay*, modul RTC DS3231 SN, LCD I2C 16x2, *button*, pompa air 12 V DC, baki air 10 liter, pipa PVC 3 in, kayu reng 2x3, air dengan pH ± 7 , pupuk AB mix 500 ml, serta beberapa komponen pendukung. Adapun alat yang digunakan adalah android *smartphone*, kabel USB tipe A ke tipe B, laptop, multimeter, obeng, tang, palu, gergaji, penggaris, perangkat lunak Arduino IDE, perangkat lunak SketchUp, perangkat lunak Fritzing, aplikasi SPSS, aplikasi Blink, TDS meter, termometer air, dan pH meter.

Rancangan Perangkat Keras

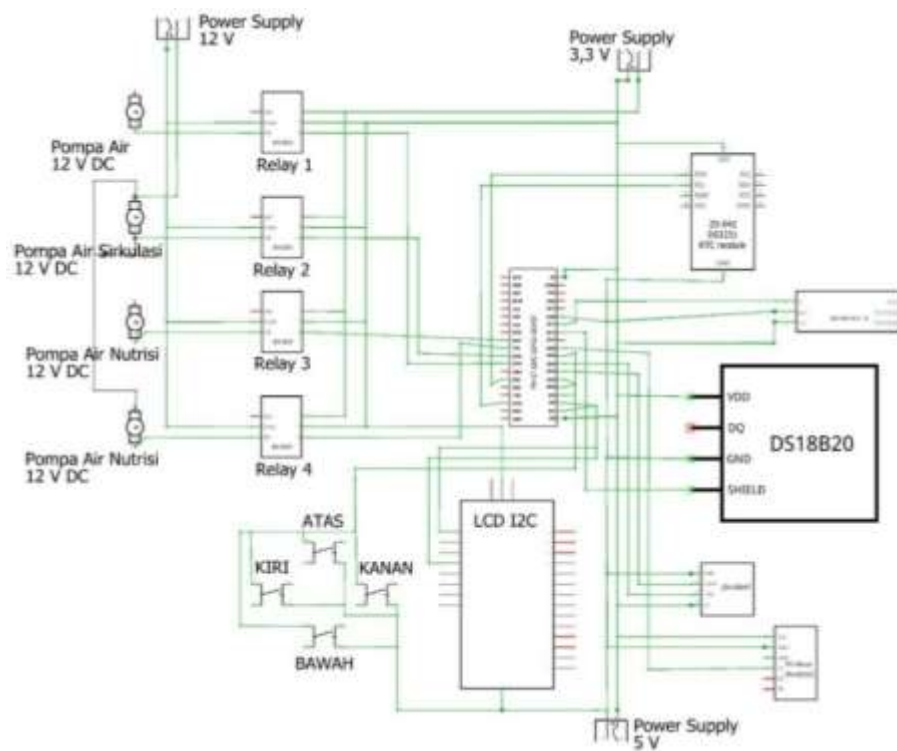
Pada sistem ini rancangan struktural perangkat keras menggunakan ESP 32 DevKit V4 sebagai mikrokontroler, sensor TDS KS0429 Keyestudio V1.0, Sensor suhu DS18B20, sensor pH 4502C, sensor ultrasonik JSN-SR04T, serta beberapa aktuator seperti pompa air, pompa nutrisi, pompa pengaduk dan pompa sirkulasi. LCD I2C dan *button* digunakan sebagai tampilan dan masukkan pada sistem. Rangkaian breadboard dan skematik perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 1.

Rancangan Perangkat Lunak

Seluruh data yang diterima seperti pembacaan data, bagian kendali, pemantauan secara langsung maupun aplikasi Blink diproses oleh mikrokontroler ESP 32 DevKit V4. Berikut diagram algoritma sistem dapat dilihat melalui gambar 2 dan gambar 3.

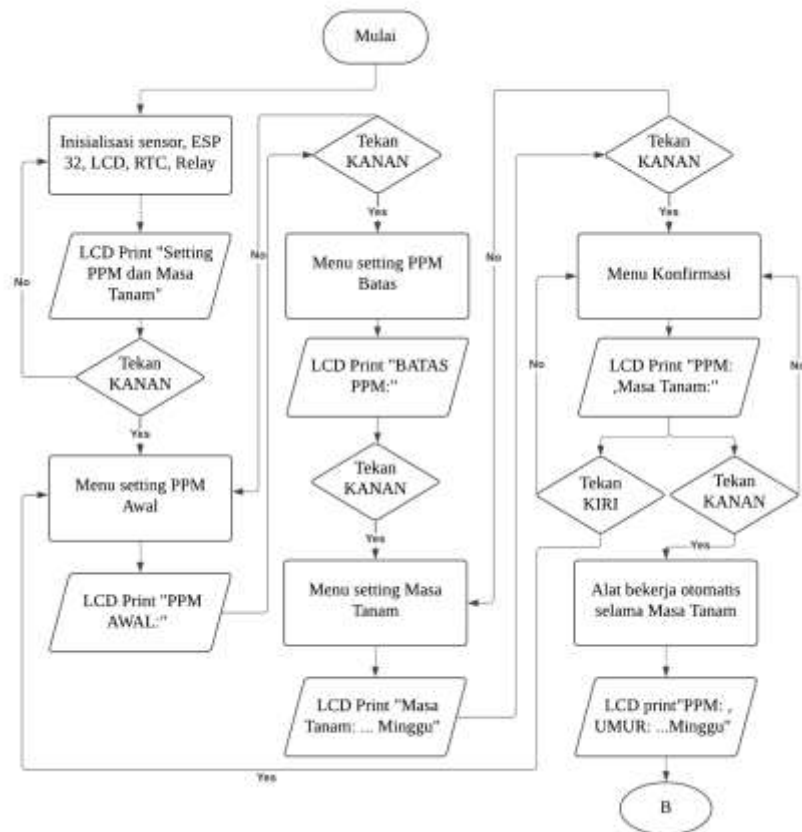


(a)

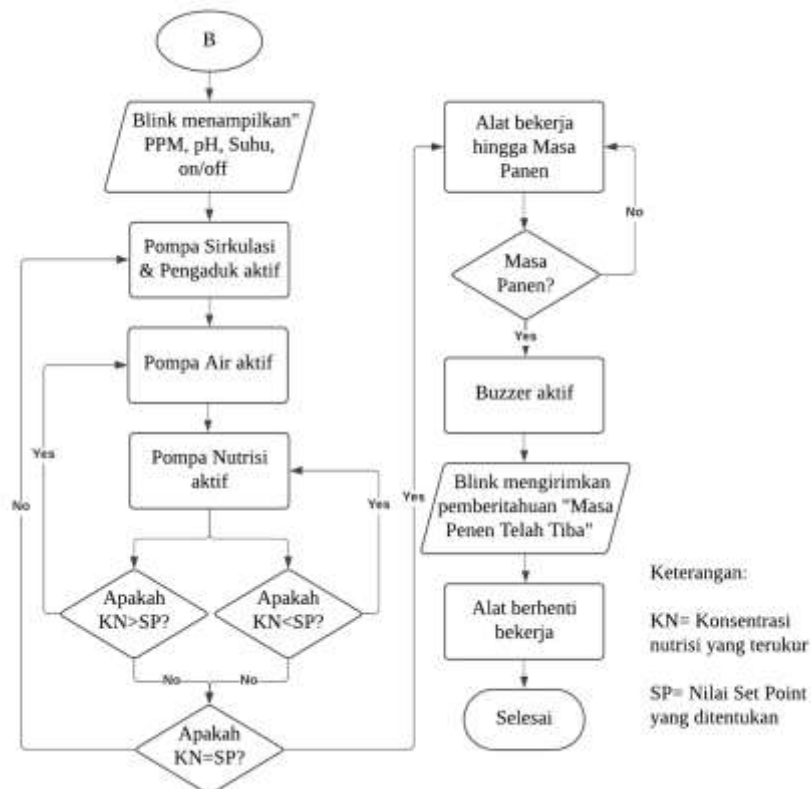


(b)

Gambar 1. Rangkaian: (a) breadboard perangkat keras; (b) skematik perangkat keras



Gambar 2. Diagram algoritma sistem



Gambar 3. Lanjutan diagram algoritma sistem



Gambar 4. Prototipe fertigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT (*Internet of Things*)

Uji Kinerja Alat

a) Uji Sensor

Sebelum digunakan, sensor dikalibrasi dengan metode regresi linear sederhana. Regresi linear merupakan cara yang dapat digunakan untuk memperoleh model hubungan antara satu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen (Silviani, 2022). Hasil proses kalibrasi sensor dengan metode regresi linear sederhana diharapkan nilai variabel respon (y) sama dengan variabel prediktor (x) dengan nilai konstanta regresi yang mendekati nilai 1 (satu) (Syakur et al., 2020). Model persamaan regresi linear sederhana dinyatakan pada persamaan berikut.

$$y = a + bx \quad [1]$$

b) Uji Sistem

Seluruh sistem diuji dengan menggunakan metode *Root Mean Squared Error* (RMSE) untuk mengetahui seberapa akurat sistem dapat membaca nilai yang dihasilkan oleh prototipe sistem ketika telah ditentukan nilai nutrisi yang diinginkan oleh pengguna (*user*). Menurut (Denanta et al., 2020) perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad [2]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe Fertigasi Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan IoT

Prototipe sistem fertigasi otomatis dibuat dengan kerangka berdimensi panjang 50 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 54 cm, menggunakan kayu berukuran 3 cm x 5 cm. Baki air sebagai tempat untuk *reservoir* pencampur antara air dan nutrisi dengan dimensi panjang 42 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 13 cm atau sekitar 16 liter. Guli hidroponik dibuat menggunakan dua pipa PVC berukuran 3 inch

dengan 3 lobang berdiameter 5 cm dan berjarak 10,5 cm antar lobang.

Implementasi Perangkat Keras

Prototipe memiliki fungsi kontrol kadar PPM, pengukuran serta pemantauan kadar ppm dan masa tanam. Terdapat papan ESP 32 sebagai mikrokontroler, Sensor TDS meter KS0429 sebagai pembaca kadar PPM larutan, Sensor Suhu DS18B20 sebagai pembaca suhu larutan, Modul Sensor Regulator 4502C sebagai pembaca kadar pH larutan, Sensor ultrasonik JSN-SR04T sebagai pembaca jarak atau ketinggian air pada *reservoir*, Modul RTC DS3231 SN sebagai penentu waktu pada saat masa tanam, Relay sebagai saklar untuk *output*, Pompa Air sebagai *output* yang berfungsi untuk menambahkan nutrisi, menambahkan air, mengaduk larutan, menyalurkan larutan ke media tanam, Buzzer sebagai penanda berakhirnya masa tanam, serta LCD 16x2 dan Button sebagai sistem pemantauan dan kontrol kadar PPM.

Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi rancangan perangkat lunak menghasilkan program sistem kerja prototipe fertigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT. Terdapat sistem pembacaan data, sistem kendali, sistem pemantauan, serta sistem pemantauan melalui aplikasi Blink. Adapun kode pemrogramannya dinyatakan sebagai berikut.

a) Pembacaan data sensor

```
float tdsValue = tds.update(temp); // ppm
sensors.requestTemperatures(); // suhu
float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
ph_act = analogRead(pH_pin); // ph
unsigned int jarak = sonar.ping_cm(); // jarak
```

b) Sistem kendali

```
int ppmToday = ppmAwal + ((ppmBatas -
ppmAwal) * (umurMinggu) / (totalMinggu - 1));
```

c) Sistem pemantauan

```

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("PPM:");
lcd.print(ppmToday);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Umur:");
lcd.print(umurMinggu + 1);

```

d) Sistem pemantauan aplikasi Blink

```

Blynk.virtualWrite(V0, ppmcal);
Blynk.virtualWrite(V1, phcal);
Blynk.virtualWrite(V2, suhuca);

```

Pengujian Perangkat Keras

Pengujian sensor dilakukan dengan metode regresi linear sederhana untuk memperoleh hasil kalibrasi perbandingan antara sensor dengan alat ukur. Pengukuran dilakukan 30 kali, kemudian dihitung menggunakan aplikasi SPSS pada menu *Analyze – Regression – Linear*, dan mendapatkan hasil persamaan kalibrasi sebagai berikut.

$x = y - (-43333.419) / 146.036$, sensor TDS meter KS0429 Keyestudio V 1.0;
 $x = y - (-5.718) / 1.113$, sensor ultrasonik JSN-SR04T;
 $x = y - (-25.222) / 1.821$, sensor suhu DS18B20; dan
 $x = y - (10.627) / (-0.469)$, sensor pH 4502C.

Persamaan diatas digunakan dalam kode pemrograman ESP 32 bagian kalibrasi sensor sebagai berikut.

```

ppmcal = (tdsValue - (-43333)) / 146.036;
jarakcal = (jarak - (-5.718)) / 1.113;
suhuca = (temperatureC - (-25.222)) / 1.821;
phcal = (ph_act - (-10.627)) / (-0.469);

```

Korelasi antara sensor yang digunakan dengan alat ukur didapat dengan analisis *output* aplikasi SPSS dengan metode Pearson Correlation sebagai berikut.

Tabel 1. Korelasi sensor TDS

		tds meter	sensor tds
tds meter	Pearson Correlation	1	.996**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
sensor tds	Pearson Correlation	.996**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

Keterangan: Nilai Pearson Correlation = 0.996, berarti menunjukkan korelasi kuat.

Tabel 2. Korelasi sensor ultrasonik

		Penggaris	Sensor jarak
Penggaris	Pearson Correlation	1	1.000**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
Sensor jarak	Pearson Correlation	1.000**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

Keterangan: Nilai Pearson Correlation = 1, berarti menunjukkan korelasi sempurna.

Tabel 3. Korelasi sensor suhu

		termometer	sensor suhu
termometer	Pearson Correlation	1	.992**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
sensor suhu	Pearson Correlation	.992**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

Keterangan: Nilai Pearson Correlation = 0.992, berarti menunjukkan korelasi kuat.

Tabel 4. Korelasi sensor pH

		ph meter	sensor ph
ph meter	Pearson Correlation	1	-.994**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
sensor ph	Pearson Correlation	-.994**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

Keterangan: Nilai Pearson Correlation = -0.994, berarti menunjukkan korelasi kuat.

Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan menguji sistem pembacaan data, sistem kendali, sistem pemantauan, serta sistem pemantauan melalui aplikasi Blink. Pembacaan data sensor diuji dengan melihat *Serial Monitor* dari mikrokontroler ESP 32 pada aplikasi Arduino IDE. Berikut data yang dibaca sensor dilihat melalui *Serial Monitor* pada Gambar 5. Pengujian bagian kendali dilakukan dengan melihat bagian menu prototipe melalui LCD I2C 16x2. Berikut menu utama *input* data PPM

Awal, Batas PPM, dan Masa Tanam dapat dilihat melalui Gambar 6. Pengujian pemantauan dilihat melalui LCD I2C saat prototipe berjalan secara otomatis dan saat masa tanam berakhir. Berikut tampilan LCD saat prototipe menampilkan sistem pemantauan dilihat melalui Gambar 7. Pengujian prototipe yang berbasis *Internet of Things* dilakukan dengan melihat internet yang terhubung melalui *Serial Monitor* dan hasil pemantauan yang diterima *smartphone* pengguna dapat dilihat melalui Gambar 8.



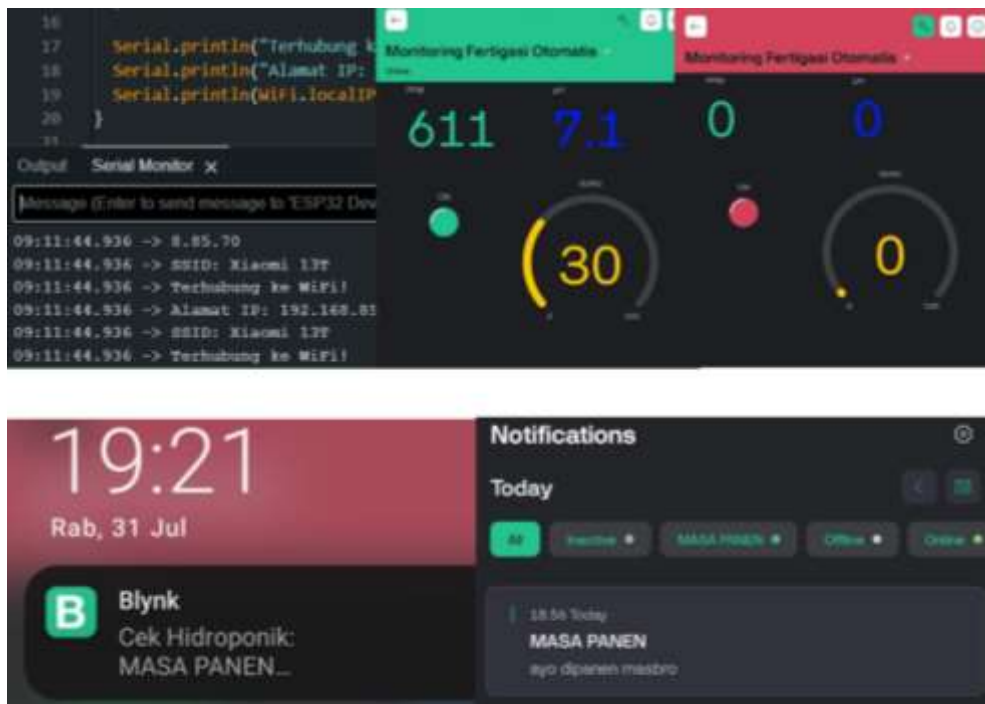
Gambar 5. Prototipe fertigasi otomatis



Gambar 6. Tampilan *input* data dan konfirmasi



Gambar 7. Tampilan pemantauan dan pesan panen



Gambar 8. Tampilan koneksi internet dan aplikasi Blynk

Tabel 5. Data hasil uji sistem

Hari ke	Observasi (y)	Prediksi ($\hat{y}$)	($y-\hat{y}$)
1	497.89	500	-2.11
2	498.92	500	-1.08
3	502.34	500	2.34
4	498.91	500	-1.09
5	500.56	500	0.56
6	501.32	500	1.32
7	497.89	500	-2.11
8	615.32	613	2.32
9	610.85	613	-2.15
10	614.23	613	1.23
11	610.78	613	-2.22
12	614.45	613	1.45
13	611.34	613	-1.66
14	615.21	613	2.21
15	729.34	727	2.34
16	724.91	727	-2.09
17	728.23	727	1.23
18	725.56	727	-1.44
19	727.45	727	0.45
20	725.48	727	-1.52
21	728.67	727	1.67
22	842.23	840	2.23
23	838.89	840	-1.11
24	841.45	840	1.45
25	839.34	840	-0.66
26	838.67	840	-1.33
27	841.78	840	1.78
28	837.77	840	-2.23
Total			-0.22

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menghitung data selisih dari nilai hasil observasi (y) selama dua puluh delapan hari dengan nilai prediksi ($\hat{y}$) menggunakan

metode RMSE. Hasil pengukuran dapat dilihat melalui data pada Tabel 5.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{-0.22^2}{30}} = \sqrt{\frac{0.0484}{30}} = \sqrt{0.001728571} = 0.0416.$$

Perhitungan nilai RMSE memperoleh hasil = 0.042. Berdasarkan hasil tersebut, dikarenakan nilai RMSE mendekati nilai 0 dan prototipe mampu memberikan nutrisi yang sesuai sepanjang masa tanam, maka prototipe fertigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT dapat dinyatakan bekerja dengan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, perakitan, dan pengujian dalam penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan prototipe berhasil dirancang dan dibangun, menghasilkan sistem fertigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT (*Internet of Things*) berkerangka kayu, memiliki satu unit *reservoir*, satu unit guli hidroponik, satu unit aplikasi IoT berbasis Blink, dilengkapi dengan sensor TDS, sensor ultrasonik, sensor suhu, dan sensor pH yang telah berhasil mencampurkan air dan nutrisi menjadi larutan nutrisi secara otomatis sepanjang masa tanam sesuai dengan *input* kadar PPM dan Masa Tanam yang ditentukan, serta mampu memberikan hasil pemantauan secara langsung pada *smartphone* dengan internet. Pengujian sensor TDS meter KS0429 Keyestudio V 1.0 untuk mengukur kadar PPM, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu, dan sensor 4502C untuk mengukur pH berturut-turut menunjukkan korelasi kuat yaitu 0.996 ; 0.992 ; -0.994. Sedangkan sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk mengukur jarak menunjukkan korelasi sempurna sebesar 1 dihitung menggunakan metode pearson. Pengujian sistem menyatakan prototipe telah memberikan larutan nutrisi dan mampu bekerja selama masa tanam, sesuai dengan *input* yang diberikan dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 0.042.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhika Mardiansyah. (2018). Rancang Bangun Sistem Monitoring Tanaman Tomat Berdasarkan Tingkat Kelembaban Tanah, pH, dan Suhu Serta Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things. Universitas Komputer Indonesia.
- Denanta, P., Perteka, B., Piarsa, I. N., & Wibawa, K. S. (2020). Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things. 8(3), 197–210.
- Fezari, M., & Al Dahoud, A. (2019). Exploring One-wire Temperature sensor “DS18B20” with Microcontrollers. University of Al-Zaytoonah Faculty of IT, February, 1–9.
- Goldramijaya, W., Sulastri, N. N., Wijaya, I. M. A. S., & Budisanjaya, I. P. G. (2022). Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembaban Udara Greenhouse Menggunakan PWM (Pulse Width Modulation). BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian), 11(1), 152–164.
- Hongbo, Y., Man, C., & Shujie, P. (2014). Construction and performance experiment of integrated water and fertilization irrigation recycling system. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 72–78.
- Pitono, J. (2019). Prospek Fertigasi Untuk Pengelolaan Hara Pada Budidaya Lada. *Perspektif*, 17(2), 117. <https://doi.org/10.21082/psp.v17n2.2018.117-128>
- Pohan, S. A., & Oktoujournal. (2019). Pengaruh konsentrasi nutrisi a-b mix terhadap pertumbuhan caisim secara hidroponik (drip system). 18(1), 20–32.
- Roslani, R., & Sumarni, N. (2005). Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik. 27, 1–28.
- Ruan, J., Wang, Y., Chan, F. T. S., Hu, X., Zhao, M., Zhu, F., Shi, B., Shi, Y., & Lin, F. (2019). A Life Cycle Framework of Green IoT-Based Agriculture and Its Finance, Operation, and Management Issues. IEEE Communications Magazine, 57(3), 90–96.
- Saa'id, M. F., Fadhil, N. S. M., Ali, M. S. A. M., & Noor, M. Z. H. (2013). Automated indoor Aquaponic cultivation technique. Proceedings - 2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2013, 285–289.
- Silviani. (2022). Timbangan Berbasis Internet Of Things (IoT) Untuk Beban Dinamik Dengan Feature Forecasting Bobot (Universitas Siliwangi). <http://repositori.unsil.ac.id/8527/>
- Syakur, A., Jumrianto, & Wahyudi. (2020). Kalibrasi Sensor Tegangan dan Sensor Arus dengan Menerapkan Rumus Regresi Linear menggunakan Software Bascom AVR. 1(1), 1–14.
- Theo Syafei, D., & Watiasih, R. (2021). Aplikasi IoT Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman. November 2021, 73–86.
- 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.
- Wibowo, N. S., Aziziah, M., Wiryawan, I. G., & Rosdiana, E. (2022). Implementasi Metode Regresi Linier Pada Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Nutrisi Tanaman

Hidroponik Kangkung. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 4(1), 13–24. <https://doi.org/10.35746/jtim.v4i1.186>