

Rancang Bangun Fertigasi Tetes dan Kontrol Lingkungan Mikro Berbasis IoT terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*)

*Development of Automatic Drip Fertigation and Environmental Control based on IoT for Lettuce Growth (*Lactuca sativa L.*)*

Suhartono, Choirul Umam*, Slamet Supriyadi, Estu Saputro

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia

*email: choirul.umam@trunojoyo.ac.id

Abstrak

Sistem pertanian dengan produksi yang maksimal dan optimal diperlukan untuk dapat diadopsi pada pertanian di Indonesia mengingat semakin meningkatnya populasi penduduk Indonesia. Salah satu teknologi pertanian untuk meningkatkan produksi adalah pemupukan otomatis dengan sistem irigasi tetes (fertigasi). Penerapan sistem fertigasi ini mengacu pada pemberian nutrisi tepat sasaran sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga dapat menghemat input sumberdaya. Selada memiliki potensi cukup menjanjikan untuk dikembangkan sebagai komoditas ekspor. Penelitian ini dilaksanakan untuk merancang alat fertigasi otomatis dengan sistem irigasi tetes dan kontrol lingkungan dan mengetahui pengujian alat fertigasi otomatis terhadap tanaman selada hijau (*Lactuca sativa L.*). Hasil penelitian diharapkan dapat diimplementasikan dan dikembangkan di masyarakat. Penelitian dilakukan mulai dari perancangan, persiapan alat dan bahan; pengujian setiap komponen alat; perakitan dan pemrograman; pengujian sistem alat; dan pengujian terhadap tanaman selada. Alat ini menggunakan komponen sensor, mikrokontroler dan aktuator serta berbasis IoT (*Internet of Things*). Hasil menunjukkan alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan ketentuan program yang diberikan dan hasil pengujian sensor alat mendapatkan nilai akurasi baik. Kinerja alat juga dapat dimonitoring melalui *Smartphone Android*. Hasil pengujian alat terhadap tanaman selada mendapat hasil lebih baik pada tinggi, bobot segar dan bobot ekonomis tanaman. Namun tidak menunjukkan perbedaan jauh pada jumlah daun.

Kata kunci: *Fertigasi, IoT, Lingkungan Mikro, Otomatisasi, Selada.*

Abstract

Indonesia needs to adopt the agricultural technique that gives high production to fulfill the need of its population. Automatic fertilizing with a drip irrigation system is one of the agricultural technologies to boost yield. Using this fertigation technology involves giving specific nutrients to plants based on their demands to conserve resource inputs. The potential for developing lettuce as an export commodity is highly encouraging. This study was to build an automatic fertigation device that includes a drip irrigation system, environmental management and to decide whether to test the device on green lettuce (*Lactuca sativa L.*). The research results are anticipated to be adopted and expanded in the community. The research began with designing and preparing instruments and materials; testing each instrument element; construction and programming; system testing tools; and evaluating lettuce plants. This instrument employs sensor components, microcontrollers, and actuators and is based on the IoT (*Internet of Things*). The results showed that the apparatus could function effectively following the program's specifications. However, the sensor could perform the tool's performance with high accuracy and be tracked by an *Android smartphone*. Testing the apparatus on lettuce plants showed that the plant tended to improve its height and yield in terms of fresh weight and economic weight compared to the plant watered manually. Moreover, there was less variation in the number of leaves of the plant.

Keywords: *Fertigation, IoT, Microenvironment, Automation, Lettuce.*

PENDAHULUAN

Bidang pertanian memiliki peran sangat penting dalam menumbuhkan ekonomi nasional. Tantangan yang dihadapi saat ini dalam kegiatan budidaya pertanian adalah keterbatasan sumberdaya alam, modal dan pengetahuan terhadap teknologi. Disisi

lain, populasi penduduk Indonesia semakin meningkat sehingga pasokan pangan juga perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, perlu adanya pengelolaan pertanian yang optimal dengan produksi yang maksimal untuk dapat diadopsi pada pertanian di Indonesia.

Permasalahan lain pada bidang pertanian adalah berkurangnya tenaga kerja sehingga perlu dilakukan solusi dan penerapan teknologi yang sesuai agar kegiatan pertanian tetap berjalan. Salah satu teknologi untuk mengatasi masalah tersebut adalah pemupukan otomatis dengan sistem irigasi tetes (fertigasi). Penerapan sistem fertigasi ini mengacu pada penelitian Pérez-Castro *et al* tahun 2017, pemberian nutrisi tepat sasaran sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga dapat menghemat input sumberdaya. Hal ini juga merupakan salah satu sistem untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Sistem otomatis juga dapat menghemat biaya tenaga kerja sehingga meminimalisir biaya produksi pertanian.

Fertigasi tetes di sekitar akar dapat memfasilitasi penyerapan air dan mengurangi kehilangan air akibat penguapan di permukaan tanah. Selain itu fertigasi tetes dapat mempertahankan kondisi kelembapan yang menguntungkan di sekitar akar (Li *et al.*, 2021). Ketepatan dan keseragaman pemupukan serta respon pertumbuhan tanaman yang cepat merupakan keuntungan sistem fertigasi (Chojnacka *et al.*, 2020). Pendapat lain mengatakan bahwa pemberian nutrisi dengan sistem fertigasi memiliki kelebihan dapat memanfaatkan unsur hara secara efisien, tidak merusak biji dan akar tanaman dan menghemat tenaga kerja (Naswir *et al.*, 2009).

Salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai prospek dan nilai komersial yang cukup baik adalah selada (*Lactuca sativa L.*) (Jahro., 2018). Selada memiliki potensi cukup menjanjikan untuk dikembangkan sebagai komoditas ekspor. Menurut data BPS (2018) dalam Pakpahan (2021), pada tahun 2016 Indonesia mengekspor selada sebesar 1.498.040 kg. Terjadi peningkatan pada tahun 2017 yaitu nilai ekspor sebesar 2.109.592 kg. Tahun 2018 terjadi penurunan menjadi sebesar 1.565.787 kg. Menurunnya nilai ekspor sayuran selada perlu adanya solusi mengenai teknik budidaya yang dapat meningkatkan produksi. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk merancang alat fertigasi otomatis dan kontrol lingkungan terhadap tanaman selada. Harapannya dengan sistem pemupukan otomatis fertigasi dapat menekan input produksi dan menghasilkan output yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat alat fertigasi otomatis dengan sistem irigasi tetes dan kontrol lingkungan terhadap tanaman selada (*Lactuca sativa L.*); mengetahui performa alat fertigasi otomatis dengan sistem irigasi tetes dan kontrol lingkungan; dan mengetahui hasil produksi tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) menggunakan alat fertigasi otomatis dan kontrol lingkungan.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pembuatan alat dilakukan di Desa Asrikaton, Kecamatan Pakis, Kab. Malang. Kemudian untuk pengujian alat terhadap tanaman selada dilakukan di *Greenhouse* Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2021 hingga Juli 2022.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 bagian yaitu:

1. Mekanik Mikrokontroler:
 - a. NodeMCU 8266
 - b. Arduino Uno
 - c. PCB berlubang
2. Mekanik Fertigasi:
 - a. Pompa irigasi
 - b. Driver pompa irigasi (Modul mosfet)
 - c. Pompa nutrisi
 - d. Driver pompa nutrisi (Modul mosfet)
 - e. Sensor kadar air tanah
 - f. Selang air
 - g. Bak air nutrisi
3. Mekanik Kontrol Lingkungan:
 - a. Humidifier
 - b. Driver humidifier (Modul mosfet)
 - c. Motor Paragnet (Dinamo)
 - d. Saklar limit switch
 - e. Sensor BH1750 (cahaya)
 - f. Sensor DHT11 (suhu dan kelembaban udara)

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bibit selada, pupuk, *polybag*, tanah dan air.

Tahap Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu: (1) perancangan, persiapan alat dan bahan; (2) pengujian setiap komponen alat; (3) perakitan dan pemrograman alat; (4) pengujian sistem alat; dan (5) pengujian kinerja alat terhadap tanaman selada. Perancangan bertujuan untuk membuat skema penelitian dan menentukan jenis kebutuhan komponen untuk merakit alat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui setiap komponen dapat bekerja dengan baik atau tidak. Komponen yang tidak dapat bekerja dengan baik tidak digunakan pada tahap selanjutnya. Perakitan setiap komponen dilakukan dengan memperhatikan tata letak untuk menghindari *short circuit* (konslet) alat. Pemrograman mikrokontroler dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE dengan menggunakan bahasa C (Nugraha., 2017). Melalui pemrograman bahasa C, alat juga di bangun untuk terhubung ke IoT (*Internet of Things*) sehingga kinerja alat dapat dipantau melalui aplikasi *Smartphone* dengan menggunakan

aplikasi *Blynk*. Semua sensor di program sesuai *example library* Arduino IDE dengan kondisi selalu ON. Aktuator *humidifier* diprogram ketika kelembaban udara < 65% maka *humidifier* ON dan ketika kelembaban udara > 78% *humidifier* OFF. Pompa fertigasi diprogram ON ketika kadar air < 50% dan OFF ketika kadar air > 75%. Motor buka tutup paranet diprogram menutup tanaman ketika intensitas cahaya matahari > 4300 lux dan membuka saat intensitas cahaya matahari < 2100 lux.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sistem alat dapat bekerja dengan baik atau tidak. Ketika mengalami kesalahan maka sistem akan diperbaiki kembali. Perbaikan dilakukan dengan analisa masalah pengkabelan, kondisi alat dan bahasa pemrograman. Pengujian dilakukan dengan cara menerapkan kinerja alat terhadap tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) dengan jumlah 12 tanaman sebagai perlakuan fertigasi otomatis dan kontrol lingkungan. Selanjutnya sebagai data pembanding terdapat 4 tanaman kontrol dengan perlakuan siram biasa sebanyak 200 ml/hari (Novriani, 2014). Kepadatan nutrisi yang dilarutkan pada air fertigasi otomatis dan kontrol yaitu 1000 ppm.

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan penelitian terdiri dari 2 bagian, yaitu: (1) parameter pengamatan alat yang meliputi akurasi sensor, pengujian kinerja on/off humidifier, pengujian kinerja on/off pompa fertigasi, pengujian kinerja on/off motor paranet, performa motor paranet, debit air alat, dan pengujian IoT (*Internet of Thing*) alat; dan (2) parameter hasil tanaman yang meliputi tinggi tanaman (cm) dan

jumlah daun (pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan setiap interval 7 hari yaitu 14, 21, 28, 35 HST untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan tanaman di setiap waktu pengamatan; dan bobot segar dan ekonomis tanaman (pengukuran bobot segar tanaman utuh dan ekonomis siap konsumsi selada tanpa akar setiap tanaman menggunakan timbangan dengan cara menimbang yang dilakukan setelah panen).

Analisis data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan pengolahan menggunakan *Microsoft Excel* kemudian disajikan dalam bentuk tabel. Data tanaman dianalisis menggunakan uji T untuk mengetahui perbedaan nyata secara statistik. Selanjutnya data keakuratan sensor diperoleh dari Persamaan 1

$$Akurasi\ sensor = 100\% - eror\ relatif \quad [1]$$

Error relatif diperoleh dengan rumus Persamaan 2 (Saptadi., 2014).

$$Er = \frac{Xi - Xp}{Xp} \times 100 \quad [2]$$

dimana,

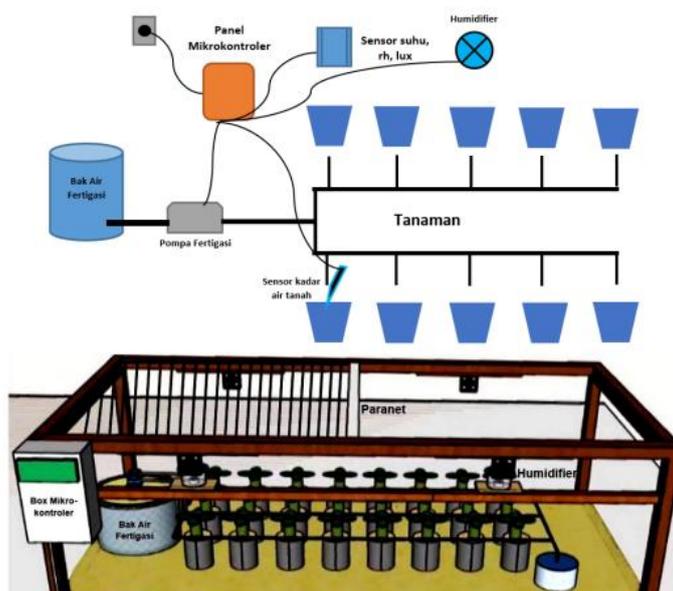
Er = Error relatif (%)

Xi = Nilai pengukuran

Xp = Nilai sejati (alat pembanding)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Rancangan Alat



Gambar 1. Desain alat fertigasi tetes



Gambar 2. Hasil Desain alat fertigasi tetes

Secara umum alat ini memiliki 2 komponen utama, diantaranya: komponen elektronika dan komponen mekanik. Setelah dihasilkan desain seperti Gambar 1, selanjutnya dilakukan pengujian akurasi sensor. Hasil rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2, total tanaman yang ditanam adalah 16 (12 tanaman perlakuan dan 4 tanaman kontrol). Data hasil pertumbuhan tanaman dilakukan sampai dengan pekan 5, dengan data pengamatan diantaranya tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan bobot ekonomis tanaman (Umam, dkk., 2022).

Akurasi Sensor

Akurasi dalam pengukuran adalah tingkat kedekatan nilai pengukuran kuantitas terhadap nilai yang sebenarnya (Fitrya *et al.*, 2017). Hasil pengujian akurasi sensor yang ideal harus bernilai error kurang dari 5% (Umam, dkk., 2022). Penelitian ini terdapat alat ukur berbasis sensor yang perlu dilakukan pengujian akurasi untuk menciptakan pengukuran yang tepat. Pengujian akurasi dilakukan dengan cara mengetahui nilai pengukuran alat ukur sensor dengan alat ukur pembanding pada waktu dan lokasi yang sama. Sensor suhu dan kelembaban udara dibandingkan dengan *thermometer* dan *hygrometer* mini FY-12. Sensor intensitas cahaya (lux) diukur dengan Lux meter dapat dilihat pada Tabel 1. Sensor kadar air tanah dibandingkan dengan soil moisture sensor ditampilkan pada tabel 3.

Pengujian akurasi sensor suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Berdasar hasil uji yg ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan rata-rata nilai eror relatif untuk sensor suhu adalah 2,5%. Sehingga akurasi sensor suhu adalah 97,5%. Nilai akurasi ini hampir sama dengan penelitian (Hadi *et al.*, 2022), yaitu akurasi sensor suhu DHT 11 adalah 97,2% pada suhu ruang. Pengujian akurasi sensor kelembaban udara juga menunjukkan hasil yang baik, hasilnya dilihat pada Tabel 2. Rata-rata nilai eror relatif untuk sensor kelembaban udara adalah 2%. Hasil ini tidak jauh beda dengan penelitian Puspasari *et al* (2020), yaitu nilai eror relatif sensor kelembaban udara adalah 2,2%. Sehingga akurasi sensor kelembaban udara pada penelitian ini adalah 98%. Merujuk Tabel 4, sensor intensitas cahaya dari hasil pengujian memiliki rata-rata nilai eror sebesar 3,4%. Sehingga akurasi sensor intensitas cahaya adalah 96,6%. Hasil ini sesuai dengan pendapat (Perdana & Hasyim., 2017), yaitu akurasi sensor intensitas cahaya jenis BH1750 adalah >92%. Pengujian ke empat adalah akurasi sensor kadar air tanah, secara rinci hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3, dimana kadar air tanah memiliki rata-rata nilai eror 3%. Sehingga akurasi yang diperoleh adalah 97%. Hal ini menunjukkan hasil akurasi sensor pada pengujian memiliki nilai lebih rendah dibandingkan penelitian Eldion (2017), yaitu akurasi sensor kadar air tanah memiliki akurasi 97,75%.

Tabel 1. Akurasi sensor suhu

Pengujian ke-	Nilai Sensor (°C)	Nilai Alat Pemanding (°C)	Nilai Error Relatif	Nilai Akurasi
1	26,5	26,9	1,4%	98,6%
2	30,6	31	1,3%	98,7%
3	30,1	31,3	3,8%	96,2%
4	27,4	27,3	0,3%	99,7%
5	32,7	31,8	2,8%	97,2%
6	29,9	30,7	2,6%	97,4%
7	26,5	26,9	1,4%	98,6%
8	34,6	33,7	2,6%	97,4%
9	32,4	31	4,5%	95,5%
10	26,5	25,3	4,7%	95,3%
Rata-rata nilai error relatif dan akurasi			2,5%	97,5%

Tabel 2. Akurasi sensor kelembaban udara

Pengujian ke-	Nilai Sensor (%)	Nilai Alat Pemanding (%)	Nilai Error Relatif	Nilai Akurasi
1	84	82	2,4%	97,6%
2	72	72	0%	100%
3	68	69	1,4%	98,6%
4	75	78	3,8%	96,2%
5	74	72	2,7%	97,3%
6	74	73	1,3%	98,7%
7	86	84	2,3%	97,7%
8	68	68	0%	100%
9	69	68	1,5%	98,5%
10	85	83	2,4%	97,6%
Rata-rata nilai error relatif dan akurasi			2%	98%

Tabel 3. Akurasi sensor kadar air tanah

Pengujian ke-	Nilai Sensor (%)	Nilai Alat Pemanding (%)	Nilai Error Relatif	Akurasi Sensor
1	100	99	1%	99%
2	88	90	2,2%	98,8%
3	87	87	0%	100%
4	75	76	1,3%	98,7%
5	72	75	4%	96%
6	65	67	2,9%	97,1%
7	60	62	3,2%	96,8%
8	51	52	1,9%	98,1%
9	45	43	4,6%	95,4%
10	13	14	7,1%	92,9%
Rata-rata nilai error relatif dan akurasi			3%	97%

Tabel 4. Akurasi sensor intensitas cahaya

Pengujian ke-	Nilai Sensor (Lux)	Nilai Alat Pembanding (Lux)	Nilai Error Relatif	Akurasi Sensor
1	1128	1130	0,1 %	99,9%
2	3236	3204	0,9 %	99,1%
3	2730	2599	5 %	95%
4	1569	1631	3,8%	96,2%
5	4750	4631	2,6%	97,4%
6	4655	4389	6%	94%
7	1325	1348	1,7%	98,3%
8	15078	15150	0,4%	99,6%
9	3236	3357	3,6%	94,4%
10	996	902	10,4%	89,6%
Rata-rata nilai error relatif dan akurasi			3,4%	96,6%

Tabel 5. Pengujian sensor RH terhadap humidifier

Nilai RH	Respon Humidifier
40%	ON
50%	ON
60%	ON
70%	ON
80%	OFF
90%	OFF

Pengujian kinerja on/off humidifier

Batas kelembaban udara pada alat ini adalah 65%-78%. Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa *humidifier* dapat bekerja sesuai dengan batas kelembaban yang ditentukan. Ketika sensor membaca RH <65% respon *humidifier* adalah on untuk memberikan kelembaban udara pada lingkungan tanam dan ketika RH telah mencapai >78% respon *humidifier* adalah

off. Kelembaban udara ini mengacu pada penelitian Sariayu *et al* (2017), yaitu kelembaban udara optimal untuk pertumbuhan selada adalah 65-78%.

Pengujian kinerja on/off pompa fertigasi

Pompa fertigasi merupakan pompa yang memberikan air irigasi sekaligus nutrisi untuk tanaman. Hasil pengujian pompa fertigasi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian sensor kadar air tanah terhadap pompa fertigasi

Nilai Kadar Air Tanah (%)	Respon Pompa Fertigasi
40	ON
45	ON
50	ON
55	ON
60	ON
65	ON
70	ON
75	OFF
80	OFF
85	OFF
90	OFF

Hasil menunjukkan bahwa pompa fertigasi dapat bekerja sesuai dengan batas kadar air yang ditentukan. Ketentuan kadar air mengacu pada penelitian Yusrianti *et al* (2013), yaitu kadar air optimal untuk pertumbuhan selada adalah 50%-75%. Sehingga ketika sensor membaca kadar air <50% kapasitas lapang maka respon pompa fertigasi adalah on untuk memberikan air penyiraman pada tanaman

selada dan ketika kadar air telah mencapai >75% respon pompa fertigasi akan off secara otomatis.

Pengujian kinerja on/off motor paranet

Motor paranet merupakan motor yang berfungsi untuk membuka dan menutup paranet. Hasil kinerja motor paranet dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian kinerja on/off motor paranet

Nilai Intensitas Cahaya (Lux)	Respon Motor Paranet
1000	Buka
2000	Buka
3000	Buka
4000	Buka
5000	Tutup
6000	Tutup
7000	Tutup

Hasil menunjukkan bahwa motor paranet dapat bekerja sesuai dengan batas intensitas cahaya matahari yang ditentukan. Ketentuan intensitas cahaya matahari mengacu pada penelitian (Hakim *et al.*, 2019), yaitu selada dapat tumbuh optimal pada intensitas cahaya sebesar 2152,78-4305,56 lux. Sehingga ketika sensor membaca intensitas cahaya > 4300 lux maka respon motor paranet adalah maju untuk menutupi tanaman selada dan intensitas cahaya

< 2100 respon motor paranet akan mundur untuk tidak menutupi tanaman selada.

Performa motor paranet

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan motor paranet buka dan tutup pada dimensi 1,5 m X 2,5 m. Sesuai dengan Tabel 8 pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan menghitung waktu tutup dan waktu buka.

Tabel 8. Pengujian performa motor paranet

Pengujian ke	Waktu Tutup (detik)	Waktu Buka (detik)
1	1,84	1,85
2	1,93	1,94
3	1,61	1,92
4	1,85	1,94
5	1,85	1,93
6	1,70	1,86
7	1,78	1,85
8	1,94	1,94
9	1,85	1,93
10	1,70	1,86
Rata-rata	1,80	1,90

Hasil menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan paranet untuk menutupi tanaman adalah 1,80 detik, waktu paling cepat 1,61 detik dan paling lambat 1,94 detik. Sedangkan rata-rata waktu yang dibutuhkan paranet untuk membuka adalah 1,90 detik, waktu paling cepat 1,85 detik dan paling lambat 1,94 detik. Perbedaan ini dikarenakan motor paranet ketika proses menutup mendorong lipatan-lipatan paranet.

Debit air fertigasi

Sesuai dengan tabel 9, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sebaran debit air pada 12 ujung selang tetes. Waktu on pompa pada pengujian adalah 1 menit.

Tabel 9. Debit air fertigasi

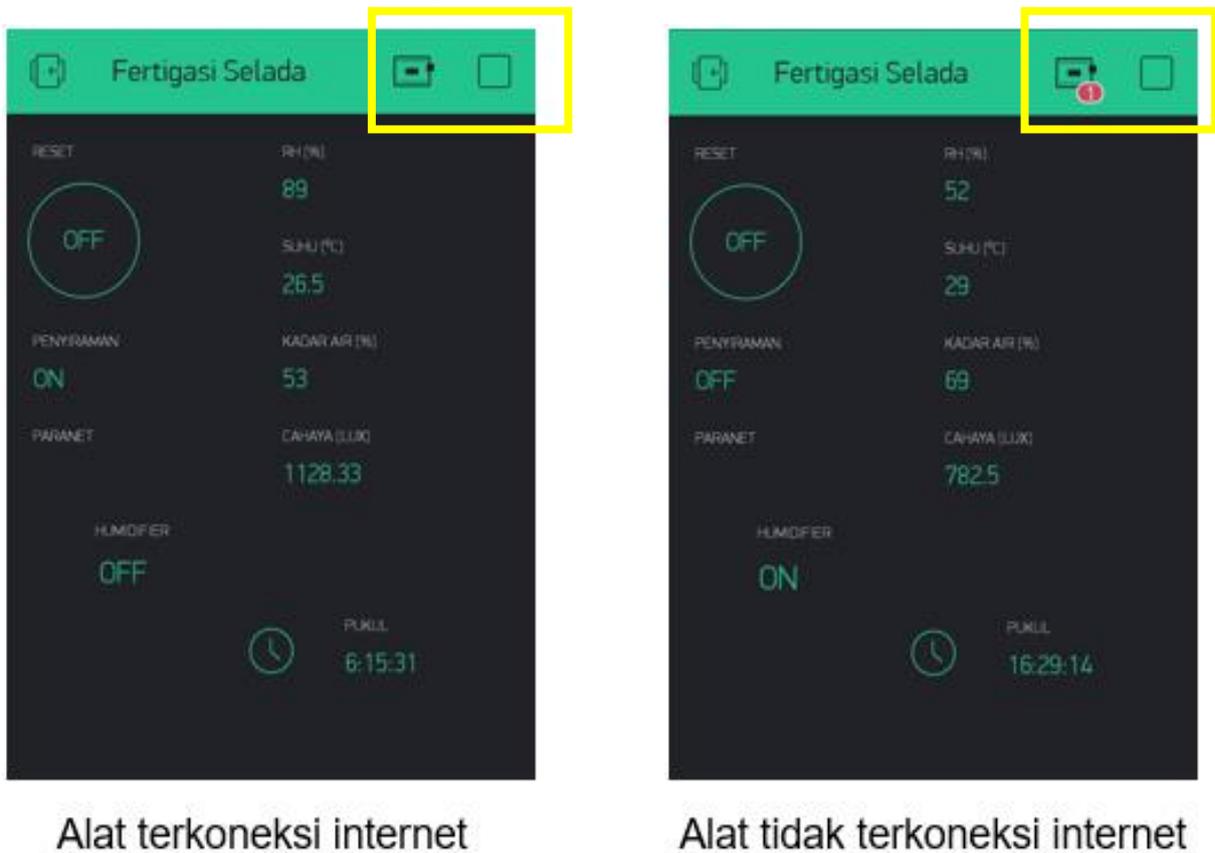
Selang Ke	Debit Air (mL)
1	27
2	25
3	25
4	24
5	27
6	25
7	26
8	25
9	25
10	26
11	25
12	26
Rata-rata	25,5 mL

Hasil pengujian menunjukkan sebaran debit air fertigasi yang keluar pada 12 titik hampir sama yaitu debit rata-rata 25,5 mL, debit tertinggi 27 mL dan debit terendah 24 mL.

Pengujian IoT alat

Pengujian koneksi alat dengan internet adalah memastikan alat dapat terhubung dengan internet

sehingga dapat dimonitoring kapan saja melalui Smartphone. Indikator alat terhubung dengan koneksi internet adalah tidak terdapat tanda merah pada pojok kanan atas aplikasi *blynk*. Sedangkan apabila terdapat tanda merah maka artinya alat tidak terkoneksi dengan internet, dapat dilihat pada tanda kuning yang ada pada Gambar 3.



Gambar 3. Aplikasi *Blynk* via *Smart phone*

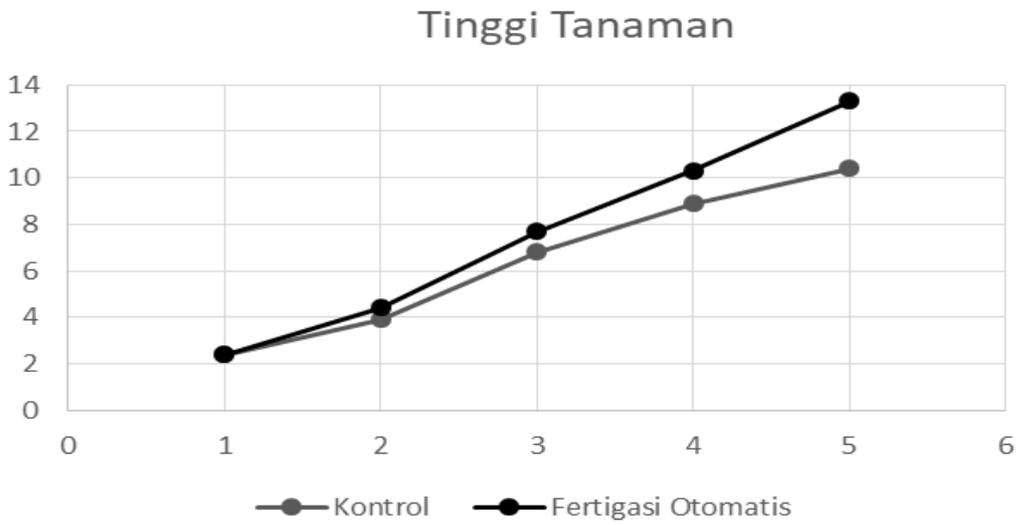
Hasil pengujian menunjukkan ketika alat terhubung dengan sumber listrik dan jaringan internet maka kinerja alat dapat terkoneksi dengan *smartphone*,

sebaliknya ketika alat tidak terhubung dengan sumber listrik dan jaringan internet maka alat juga tidak terkoneksi ke *smart phone*.

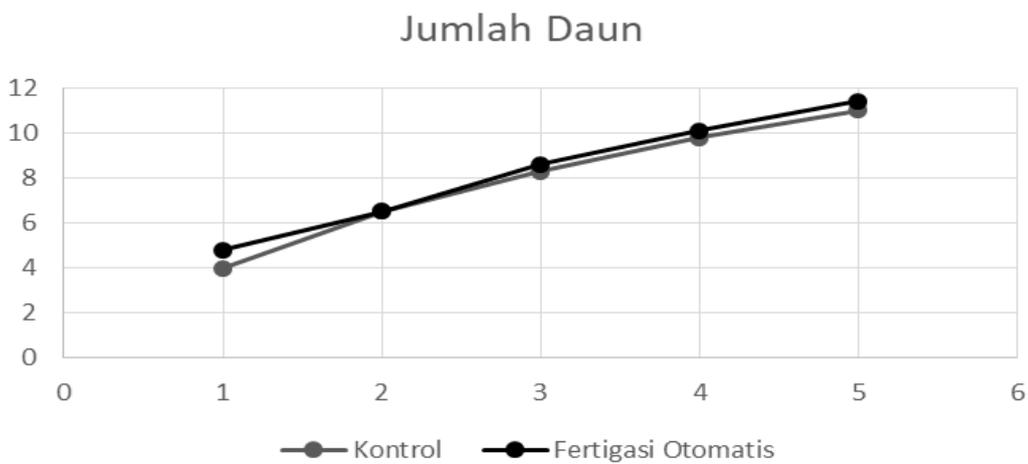
Hasil tanaman

Berdasarkan hasil uji T menyatakan bahwa terdapat perbedaan nyata tinggi tanaman antar kedua perlakuan pada minggu ke-3, 4 dan 5 (Gambar 4). Tidak terdapat perbedaan nyata jumlah daun antar

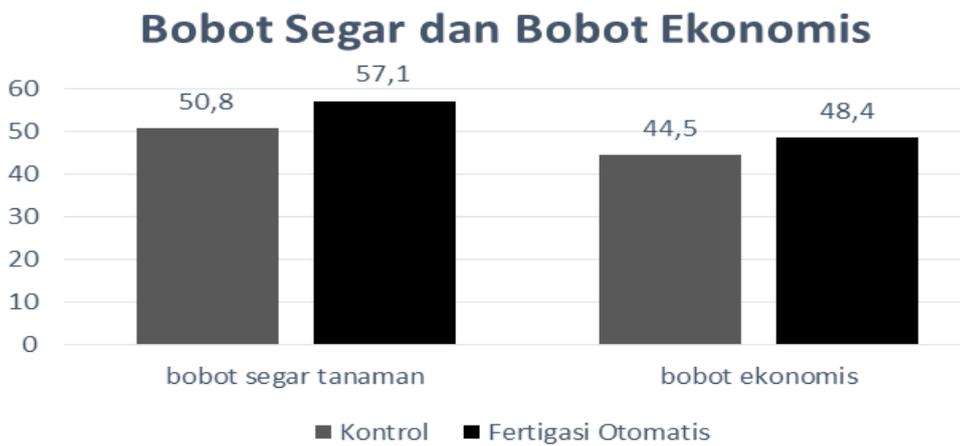
kedua perlakuan (Gambar 5). Kemudian terdapat perbedaan nyata antar kedua perlakuan terhadap bobot segar dan bobot ekonomis tanaman selama (Gambar 6).



Gambar 4. Tinggi tanaman (cm)



Gambar 5. Jumlah daun



Gambar 6. Bobot segar dan bobot ekonomis tanaman (gram)

Hasil tanaman dapat dilihat pada Gambar 6 menunjukkan perlakuan fertigasi otomatis memiliki hasil lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada semua parameter pengamatan. Parameter tinggi tanaman mulai menunjukkan perbedaan pada umur 14 Hst. Kemudian jumlah daun perlakuan fertigasi memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Parameter bobot segar dan bobot ekonomis tanaman juga menunjukkan hasil yang lebih baik pada perlakuan fertigasi daripada tanaman kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian Izzati *et al* (2006), yaitu metode fertigasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata pada bobot panen. Kemudian pada penelitian (Naswir *et al.*, 2009), menyebutkan adanya perbedaan pertumbuhan tanaman antara sistem irigasi siram dan sistem fertigasi mikro terhadap tinggi tanaman. Menurut Saiayu *et al* (2017), pertumbuhan dan hasil tanaman selada dengan pengendalian suhu dan kelembaban udara lebih baik dibandingkan dengan tanpa pengendalian. Pengendalian intensitas cahaya juga dapat menghasilkan tanaman lebih baik dibandingkan tanpa pengendalian (Komala., 2017).

KESIMPULAN

Alat fertigasi otomatis dapat terancang dan terbuat dengan baik, yaitu sensor dapat bekerja dengan baik dan aktuator dapat merespon nilai sensor sesuai dengan ketentuan yang diberikan (nilai error kurang dari 5%). Performa alat fertigasi otomatis yaitu laju rata-rata motor paragnet untuk menutupi tanaman adalah 1,80 detik dan rata-rata waktu yang dibutuhkan paragnet untuk membuka adalah 1,90 detik. Kemudian untuk debit air fertigasi yang keluar pada 12 titik hampir sama yaitu debit rata-rata 25,5 mL. Hasil pengujian alat terhadap tanaman selada mendapat hasil lebih baik pada tinggi, bobot segar dan bobot ekonomis tanaman. Namun tidak menunjukkan perbedaan jauh pada jumlah daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Chojnacka, K., Witek-Krowiak, A., Moustakas, K., Skrzypczak, D., Mikula, K., and Loizidou, M. 2020. A transition from conventional irrigation to fertigation with reclaimed wastewater: Prospects and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 130: Hal 1-14
- Eldion, M. B. (2017). Rancang Bangun Sistem Sensor pada Otomasi Greenhouse Urban Farming. Tugas Akhir. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fitrya, N., Ginting, D., Retnawaty, S. F., Febriani, N., Fitri, Y., dan Wirman, S. P. 2017. Pentingnya Akurasi Dan Presisi Alat Ukur Dalam Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*. Vol 1: Hal 60–63
- Hadi, S., Putra, R., Davi, M., Widayaka, P. D., dan Bumigora, U. 2022. Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor LM35 dan Sensor DHT11 untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet. *STRING(Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*. Vol 6: Hal 269–278
- Hakim, M. A. R., Sumarsono, S., dan Sutarno, S. 2019. Pertumbuhan dan produksi dua varietas selada (*Lactuca sativa* L.) pada berbagai tingkat naungan dengan metode hidroponik. *Journal of Agro Complex*. Vol 3: Hal 15-23
- Izzati, I. R., Suketi, K., dan Widodo, W. D. 2006. Penggunaan Pupuk Majemuk Sebagai Sumber Hara pada Budidaya Selada (*Lactuca sativa* L.) Secara Hidroponik dengan Tiga Cara Fertigasi. *Prosiding Seminar Nasional PERHORTI*. 153-165. Bogor, 2006
- Jahro, L. 2018. Pengaruh Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) pada Sistem Hidroponik NFT dengan Berbagai Konsentrasi Pupuk AB Mix dan Bayfolan. Skripsi. Medan: Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area
- Komala, D.F. 2017. Otomatisasi Pengendalian Pencahayaan untuk Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) dengan Sistem Tanam Hidroponik di dalam Greenhouse. Skripsi. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
- Li, H., Mei, X., Wang, J., Huang, F., Hao, W., and Li, B. 2021. Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: A meta-analysis in China. *Agricultural Water Management*. Vol 244: Hal 1-10
- Naswir, S. H., Pandjaitan, N. H., dan Pawitan, H. 2009. Efektivitas Sistem Fertigasi Mikro untuk Lahan Sempit. *Forum Pascasarjana*. Vol 32: Hal 45–54
- Novriani. 2014. Respon Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Asal Sampah Organik Pasar. Vol 9: Hal 57-61
- Nugraha, H.F. 2017. Pengaturan Air dan Nutrisi Secara Otomatis pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino. Tugas Akhir. Surabaya: Stikom Surabaya
- Pakpahan, B. S. 2021. Peningkatan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Melalui Pemberian Pupuk N, P, K, Mg dan Pengaturan Jarak Tanam. Skripsi. Medan: Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas

Sumatera Utara

- Perdana, A dan Hasyim, R. I. 2017. Analisis Kalibrasi Sensor BH1750 untuk Mengukur Radiasi Matahari di Pekanbaru. *SeMNASTeK*. Pekanbaru, 31 Maret 2017
- Pérez-Castro, A., Sánchez-Molina, J. A., Castilla, M., Sánchez-Moreno, J., Moreno-Úbeda, J. C., and Magán, J. J. 2017. Cfertigual: A fertigation management app for greenhouse vegetable crops. *Agricultural Water Management*. Vol 183: Hal 186–193
- Puspasari, F., Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., dan Prisyanti, H. 2020. Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 Berbasis Arduino Terhadap 30 Thermohygrometer Standar. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. Vol 16: Hal 1-40
- Saptadi, A. H. 2014. Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *JURNAL INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektronika*. Vol 6: Hal 49-56
- Sariayu, M. V., Priyatman, H., Sanjaya, B. W., Studi, P., dan Tanjungpura, U. 2017. Pengendali Suhu dan Kelembaban pada Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L) dengan Sistem Aeroponik Berbasis Arduino Uno R3. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. Vol 1: Hal 1-6
- Umam, C., Suhartono., Saputro, E. 2022. Pendekatan Logika Fuzzy dalam Pengontrolan Suhu dan Kelembapan pada Persemaian Otomatis Full Closed System Tanaman Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* 10(2) 2022
- Yusrianti., Mansyoer, A., dan Islan. 2013. Pengaruh Pupuk Kandang dan Kadar Air Tanah Terhadap Produksi Selada (*Lactuca Sativa* L). Vol 1: Hal 1-13