

Analisis Kinerja Sistem *Internet of Things* (IoT) terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Sistem Akuaponik

Alvin Syahfril Nurfaiz¹, Aji Gautama Putrada², Rizka Reza Pahlevi³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹alvinsyahfrilnurfaiz@students.telkomuniversity.ac.id, ²ajigps@telkomuniversity.ac.id,

³rizkarezap@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Akuaponik merupakan salah satu budidaya pada bidang pertanian dengan menggabungkan budidaya ikan dan budidaya tanaman sayuran. Namun pada akuaponik sistem konvensional, pengetesan suhu kolam, suhu udara dan kelembapan masih belum efektif sehingga dapat menyebabkan *tipburn* dan *bolting* pada tanaman selada. Adanya teknologi seperti *internet of things* (IoT) dapat membuat sistem konvensional menjadi sistem automasi. Sebelum teknologi tersebut diterapkan diperlukan adanya analisis terhadap kinerja dari teknologi tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis kinerja sistem IoT pada akuaponik terhadap pertumbuhan tanaman selada dengan cara membandingkan beberapa parameter menggunakan dua instalasi akuaponik yaitu menggunakan IoT dan konvensional. Parameter yang diteliti yaitu tinggi, lebar daun, kenaikan berat dan lebar tanaman selada. Hasil pengujian menunjukkan selada pada sistem akuaponik konvensional mengalami gejala etiolasi lebih tinggi daripada tanaman selada akuaponik menggunakan IoT. Tinggi tanaman selada akuaponik konvensional lebih tinggi dari tanaman selada akuaponik menggunakan IoT dengan selisih tinggi 0,8 – 2,8 cm. Lebar tanaman selada akuaponik konvensional lebih lebar dari tanaman selada akuaponik menggunakan IoT dengan selisih lebar 3,5 cm. Lebar daun tanaman selada akuaponik konvensional lebih kecil dari selada akuaponik menggunakan IoT dengan selisih 0,6 cm. Kenaikan berat tanaman selada akuaponik menggunakan IoT sebesar satu gram sedangkan tanaman selada akuaponik konvensional tidak mengalami kenaikan berat.

Kata kunci : *Internet of Things* (IoT), Akuaponik, Selada (*Lactuca sativa* L.)

Abstract

Aquaponics is one of the cultivation in agriculture by combining fish cultivation and vegetable crop cultivation. However, in conventional aquaponics systems, testing pond temperature, air temperature and humidity is still not effective so that it can cause *tipburn* and *bolting* in lettuce plants. The existence of technology such as the *internet of things* (IoT) can make conventional systems into automation systems. Before the technology is applied, it is necessary to analyze the performance of the technology. The purpose of this study is to analyze the performance of the IoT system in aquaponics on lettuce growth by comparing several parameters using two aquaponics installations, namely using IoT and conventional. The parameters studied were height, leaf width, weight gain and lettuce plant width. The test results showed that lettuce in conventional aquaponic systems experienced higher etiolation symptoms than lettuce in aquaponics using IoT. The height of conventional aquaponic lettuce is higher than that of aquaponic lettuce using IoT with a height difference of 0.8 – 2.8 cm. The width of conventional aquaponic lettuce plants is wider than that of aquaponic lettuce plants using IoT with a width difference of 3.5 cm. The leaf width of conventional aquaponic lettuce is smaller than that of aquaponic lettuce using IoT with a difference of 0.6 cm. The weight gain of aquaponic lettuce using IoT was one gram while conventional aquaponic lettuce did not increase in weight.

Keywords: *Internet of Things* (IoT), Aquaponics, Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Akuaponik merupakan gabungan budidaya ikan dan tanaman dalam satu instalasi dengan memanfaatkan kotoran ikan sebagai sumber nutrisi untuk tanaman melalui proses nitrifikasi [1]. Dengan akuaponik, tanaman dan ikan dapat dipanen secara bersamaan sehingga memiliki keuntungan yang lebih banyak dibandingkan dengan budidaya akuakultur dan hidroponik secara terpisah. Akuaponik memiliki beberapa model jenis instalasi yang umum digunakan seperti *nutrient film technique* (NFT), *deep flow technique* (DFT), *deep water culture* (DWC) dan media bed [2,3]. Dari beragam jenis model tersebut, NFT merupakan model instalasi akuaponik yang sering digunakan pada skala industri dimana prinsip kerja dari sistem NFT tersebut yaitu mengalirkan air secara tipis pada *gully* atau pipa PVC sehingga sebaran nutrisi dapat seragam dan tanaman

dapat tumbuh dengan lebih cepat [4]. Tanaman yang dapat diaplikasikan ke dalam instalasi NFT salah satunya yaitu tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) karena memiliki masa usia panen yang singkat [3].

Namun pada akuaponik konvensional, pengetesan suhu air, suhu udara dan kelembapan masih belum efektif sehingga dapat menyebabkan *tipburn* dan *bolting* pada tanaman selada [5,6]. Adanya teknologi dapat menjadikan sistem konvensional menjadi sistem automasi yang dapat meningkatkan produktivitas hasil tani karena lebih efisien dan efektif [7]. Salah satu inovasi dari teknologi tersebut yaitu *internet of things* (IoT). IoT merupakan gabungan dari beberapa objek-objek cerdas seperti *mikrokontroler*, sensor, aktuator yang dapat berkomunikasi satu sama lain dengan tujuan terciptanya sistem automasi yang terhubung ke internet [8,9]. IoT juga telah banyak diterapkan di berbagai bidang pertanian khususnya pada sistem akuaponik dimana penerapan IoT memiliki tujuan tertentu seperti pengendalian hama, sistem kontrol dan monitoring ataupun yang lainnya.

Salah satu penerapan IoT pada sistem akuaponik pernah dilakukan oleh Lean Karlo S. Tolentino dengan membandingkan akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional yang memanfaatkan beberapa sensor dan aktuator [10]. Pada penelitian tersebut menggunakan satu variabel yaitu luas daun dan beberapa tanaman yang diamati sehingga belum mengetahui kondisi tanaman selada yang lebih lengkap seperti salah satunya gejala etiolasi yang menyebabkan harga jual menjadi rendah. Dengan latar belakang diatas, penulis akan mengkaji lebih lanjut terkait kinerja sistem IoT dengan konsep yang sama tetapi dengan jumlah tanaman dan variabel yang diteliti lebih banyak seperti tinggi, lebar, lebar daun dan kenaikan berat sehingga dapat mengetahui kondisi tanaman selada yang lebih lengkap.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem IoT pada sistem akuaponik dengan tanaman selada
2. Bagaimana analisis kinerja sistem IoT terhadap pertumbuhan tanaman selada dalam sistem akuaponik

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan sistem akuaponik *nutrient film technique* (NFT).
2. Selada yang digunakan merupakan varietas jenis *grand rapids*.
3. Sistem akuaponik NFT memiliki 12 lubang tanam.
4. Penelitian ini membandingkan akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional meliputi tinggi, lebar dan lebar daun serta kenaikan berat tanaman selada.
5. Pengukuran parameter tanaman menggunakan penggaris.
6. Penelitian ini tidak meninjau proses pembenihan dan pengendalian hama.
7. Selada yang ditanam merupakan selada yang telah melewati masa semai

1.4 Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan sistem IoT pada sistem akuaponik dengan tanaman selada.
2. Menganalisis kinerja sistem IoT terhadap pertumbuhan tanaman selada dalam sistem akuaponik.

1.5 Organisasi Tulisan

Adapun organisasi tulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi terkait
Pada bagian ini membahas tentang kajian ilmiah yang memiliki keterkaitan masalah dengan penelitian ini.
2. Sistem yang di bangun
Pada bagian ini akan dibahas mengenai apa saja yang akan dilakukan pada penelitian ini.
3. Evaluasi
Pengamatan dan pembahasan tanaman selada secara teratur dari beberapa parameter yang dikontrol dan variabel yang diteliti.
4. Kesimpulan
Pada bagian ini dijelaskan kesimpulan dan hasil dari penelitian secara keseluruhan. Saran dari penelitian selanjutnya akan ditunjukkan pada bab ini.

2. Studi Terkait

2.1 Penelitian Terkait

Penerapan IoT pada sistem akuaponik pernah dilakukan oleh Lean Karlo S. Tolentino pada tahun 2019. Penelitian tersebut menerapkan beberapa sensor seperti ISFET pH, DHT11, BH1750FVI, dan DS18B20 serta

pemberian pakan otomatis. Sistem kontrol pada penelitian tersebut memiliki beberapa aktuator diantaranya penambahan calcium carbonat (CaCO_3) untuk menaikkan pH, aerator, air cooler, dan *inlet fan* serta lampu *growth light*. Variabel yang diteliti dari penelitian tersebut yaitu luas daun dengan cara membandingkan sistem akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik secara konvensional. Dari penelitian tersebut dihasilkan sebuah sistem yang dapat melakukan monitoring dan kontrol pada sistem akuaponik dan menghasilkan luas daun yang lebih baik pada akuaponik IoT dibandingkan dengan akuaponik konvensional [10].

Baraa Abd Al-Zahraa Naser dkk juga pernah melakukan penelitian penerapan IoT pada sistem akuaponik pada tahun 2019. Penelitian tersebut bertujuan untuk membuat sebuah sistem yang dapat memonitoring dan kontrol pada sistem akuaponik dengan menggunakan IoT secara real time dan melibatkan penggunaan sensor diantaranya pH, suhu, oksigen dan ammonia selama satu minggu. Hasil dari penelitian tersebut menghasilkan sebuah nilai kadar ammonia, pH, serta suhu yang baik untuk pertumbuhan ikan dan tanaman [11].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Haryanto dkk pada tahun 2019. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari beberapa sensor yang digunakan pada sistem akuaponik. Sensor yang digunakan meliputi ultrasonic, pH, dan suhu. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem monitoring yang sesuai harapan dengan berbasis IoT dan memiliki akurasi sensor diatas 90% [12].

Abd. Wahab dkk juga pernah melakukan penelitian dengan menerapkan IoT pada sistem akuaponik tahun 2021. Penelitian tersebut menggunakan beberapa sensor seperti sensor ph, sensor TDS, sensor *soil moisture* dan sensor DHT11 serta beberapa aktuator seperti kipas, pompa dan lampu. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu mengetahui proses perancangan sistem kerja yang efektif dan efisien pada prototipe sistem monitoring dan kontrol menggunakan mikrokontroler *wemos D1 mini*. Hasil dari penelitian tersebut yaitu menghasilkan sebuah alat yang dapat memonitoring keadaan suhu air, kelembapan, pH dan larutan nutrisi serta mengontrol aktuator [13].

Nina Rahayu dkk juga pernah melakukan penelitian pada sistem akuaponik dengan menerapkan IoT tahun 2018. Penelitian tersebut menggunakan beberapa sensor yaitu sensor *ultrasonic* dan sensor DHT22. Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan alat untuk memonitoring ketinggian air nutrisi dan suhu serta kelembapan pada instalasi akuaponik. Hasil dari penelitian tersebut yaitu menghasilkan alat yang dapat memonitoring ketinggian air nutrisi, suhu dan kelembapan serta dapat mengontrol beberapa aktuator seperti kipas, lampu dan pompa air [14].

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Gambaran Umum dan Alur Rancangan Sistem

Adapun gambaran umum dan alur rancangan sistem digambarkan dalam Gambar 1:

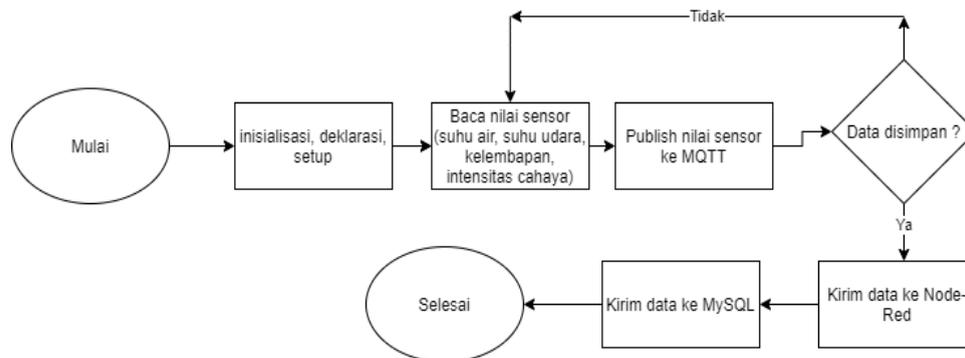


Figure 1. System Flowchart

Pada *Figure 1*, dapat dilihat gambaran umum dari alur sistem yang dirancang. Adapun penjelasan urutan dari alur seperti berikut:

1. Setelah alat dinyalakan, masing-masing sensor akan membaca nilai suhu air, suhu udara, kelembapan dan intensitas cahaya serta mengirim nilai sensor tersebut ke *mikrokontroler NodeMCU ESP8266*.
2. Setelah itu, data akan dipublish menggunakan MQTT ke MQTT *Broker* sesuai dengan penamaan pesan yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Apabila data disimpan, maka akan diteruskan ke dashboard Node-Red untuk ditampilkan sebagai *user interface* dalam bentuk *gauge* dan *chart*. Jika tidak, maka sensor akan melakukan pembacaan nilai kembali.
4. Data akan disimpan ke dalam database MySQL dan aktuator akan berjalan sesuai dengan batas nilai yang telah ditentukan.

3.2 Diagram Blok

Adapun diagram blok rancangan sistem digambarkan dalam Gambar 2 :

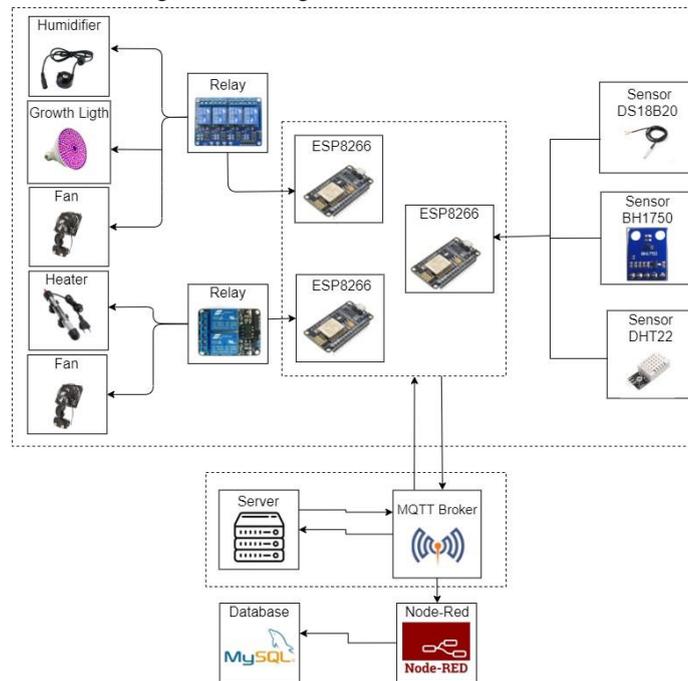


Figure 2. Block Diagram

Pada *Figure 2*, dapat dilihat diagram blok dari sistem yang dirancang. Terdapat tiga sensor seperti sensor DS18B20 untuk suhu air, sensor DHT22 untuk suhu udara dan kelembapan, sensor BH1750FVI untuk intensitas cahaya. Terdapat juga dua buah relay yaitu relay dua channel yang menghubungkan aktuator fan dan heater, dan relay empat channel yang menghubungkan aktuator fan, heater, dan lampu growth light. Untuk menghubungkan sensor dan relay, digunakan tiga buah mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang menggunakan protokol MQTT sebagai publisher data sensor dan subscriber untuk menghidupkan dan mematikan aktuator. Pin yang digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 ke relay dua channel dan relay empat channel yaitu D3, D4, D5, 5V, 3,3V dan GND. Server dapat menentukan keputusannya apakah nilai dalam keadaan normal ataupun tidak. Jika melebihi atau kurang dari nilai ambang batas, maka keputusan akan dikirim dan aktuator seperti fan, humidifier, heater, lampu growth light akan menyala sampai keadaan kembali normal. Semua tampilan informasi nilai sensor ditampilkan menggunakan Node-Red setiap 15 detik untuk menghindari delay koneksi internet, jeda pemrosesan data dari mikrokontroler [15] dan menyimpan nilai sensor tersebut pada database MySQL.

3.3 Skenario Pengujian

3.3.1 Persiapan Pengujian

Sebelum tanaman dipindahkan ke dalam sistem akuaponik, benih selada yang telah berusia 10 HSS atau telah muncul daun ketiga (daun sejati) dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air hingga tanah dan tanaman terpisah namun akar tanaman harus terjaga dengan baik. Selanjutnya, tanaman selada dipindahkan ke dalam media tanam rockwool yang telah dipotong dengan ukuran 2,5 x 2,5 cm per bagian rockwool menggunakan bantuan netpot sebagai penahan agar tidak mudah jatuh. Adapun penjelasan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Persiapan Tanaman Selada

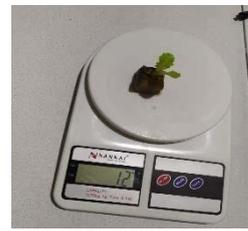
Tanaman	Jenis	Masa Panen (HST)	Media Tanam	Jumlah Bagian Media Tanam	Media Ukuran Tanam	Pindah Tanam
Selada Hijau	Grand Rapids	28-35	Rockwool Cutline	12 Bagian /instalasi	2,5 x 2,5 cm/ bagian	Setelah usia 10 HSS / muncul daun ketiga (daun sejati)

HSS = Hari Setelah Semai
 HST = Hari Setelah Tanam

3.3.2 Pengujian Kinerja sistem IoT

Penelitian ini membandingkan akuaponik konvensional dengan akuaponik menggunakan IoT dengan waktu pengujian dilakukan selama satu bulan. Parameter yang dijadikan perbandingan yaitu tinggi, lebar dan kenaikan berat serta lebar daun tanaman selada. Pengukuran tanaman dilakukan setiap hari dengan menggunakan sebuah penggaris. Pengukuran tinggi dilakukan pada daun yang paling tinggi mulai dari pangkal batang sampai ujung daun selama satu masa tanam [15]. Pengukuran lebar tanaman dilakukan dengan cara mengukur daun yang paling terluar setiap tanaman [16]. Pengukuran kenaikan berat tanaman dilakukan dengan cara menimbang tanaman selada menggunakan sebuah timbangan digital dengan satuan gram [16]. Pengukuran lebar daun tanaman dilakukan dengan cara mengukur lebar daun yang terlebar pada setiap tanaman [17]. Hasil pengukuran akan dihitung reratanya setiap minggunya dan HST selesai. Adapun penjelasan dalam bentuk tabel seperti berikut:

Tabel 2. Pengukuran Parameter Tanaman Selada

Lebar Daun	Lebar Tanaman	Kenaikan Berat Tanaman	Tinggi Tanaman
			

Kondisi aktuator akan berjalan apabila nilai suhu air $< 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka *heater* akan menyala, nilai suhu udara $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka *fan* akan menyala, nilai suhu air $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka *fan* akan menyala, nilai kelembapan kurang dari 70% maka *humidifier* akan menyala dan nilai intensitas cahaya $< 500\text{ lx}$ maka lampu *growth light* akan menyala. *Feeder* akan berfungsi setiap 8 jam dalam sehari menggunakan model Resun AF20090. Adapun penjelasan dalam bentuk tabel seperti berikut.

Tabel 3. Kondisi Lingkungan dan Aktuator

Aktuator	Kondisi					
	Suhu Air < 25	Suhu Udara > 25	Suhu Air > 25	Kelembapan $< 70\%$	Intensitas Cahaya < 500	Setiap 8 Jam/Hari
Heater menyala	Fan menyala	Fan menyala	Humidifier menyala	Growth Light menyala	Feeder menyala	

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Sistem akuaponik terdiri dari dua buah sistem akuaponik yaitu akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional. Kedua sistem tersebut menggunakan instalasi jenis *nutrient film technique* (NFT) terdiri dari 12 tanaman masing-masing sistem dengan *gully* trapesium sebagai tempat tumbuhnya tanaman serta *netpot* untuk menahan tanaman agar tidak mudah jatuh. Sistem akuaponik juga menggunakan rangka pipa $\frac{3}{4}$ inch sebagai penahan *gully* trapesium dan plastik *uv* sebagai atap instalasi. Terdapat dua filter pada masing-masing instalasi akuaponik, filter tersebut yaitu filter mekanik dan biologis serta satu bak penampung nutrisi. Pada akuaponik menggunakan IoT, terdapat tiga sensor seperti sensor DB18B20 untuk suhu air, sensor DHT22 untuk suhu udara dan kelembapan, sensor BH1750FVI untuk intensitas cahaya. Selain sensor, terdapat juga aktuator seperti dua buah *fan*, *heater*, *humidifier*, lampu *growth light*, serta *feeder* model Resun AF20090. Masing-masing sensor dan aktuator akan terhubung ke mikrokontroler *NodeMCU ESP8266* dan *relay* dua channel serta *relay* empat channel untuk aktuator. Rangkaian kedua sistem akuaponik dapat dilihat pada figure 3.



Figure 3. Aquaponics with IoT (left) & Aquaponics Conventional (right)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada sistem akuaponik dengan menggunakan IoT dan konvensional selama 28 hari dimana variabel yang diteliti yaitu tinggi, lebar dan lebar daun serta kenaikan berat tanaman dapat diperoleh data sesuai yang terlihat pada gambar grafik berikut ini.

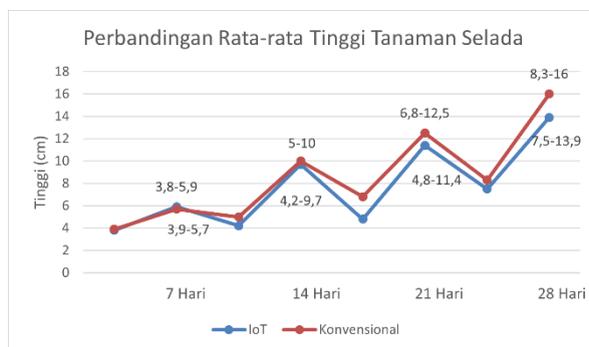


Figure 4. Line Chart Comparison of Aquaponic Lettuce Plant Height

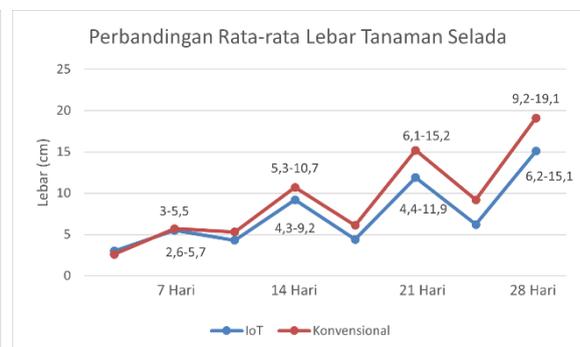


Figure 5. Line Chart Comparison of Aquaponic Lettuce Plant Width

Figure 4, menjelaskan perbandingan tinggi tanaman pada sistem akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional. Pada akuaponik menggunakan IoT, pengamatan hari ke-7 tinggi tanaman selada adalah 4,2-8,1 cm dengan rata-rata 3,8-5,9 cm. Pada hari ke-14 tinggi tanaman adalah 3,4-10,5 cm dengan rata-rata 4,2-9,7 cm. Pada hari ke-21 tinggi tanaman selada adalah 6,4-12,8 cm dengan rata-rata 4,8-11,4 cm. Hari ke-28 menunjukkan tinggi tanaman selada adalah 8,2-14 cm dengan rata-rata 7,5-13,9 cm. Sedangkan pada akuaponik konvensional, pengamatan hari ke-7 tinggi tanaman selada adalah 4,5-8,3 cm dengan rata-rata 3,9-5,7 cm. Hari ke-14 menunjukkan tinggi tanaman selada yaitu 5,3-10,4 cm dengan rata-rata 5,0-10,0 cm. Pada hari ke-21 menunjukkan tinggi tanaman selada yaitu 7,6-14,5 cm dengan rata-rata 6,8-12,5 cm. Hari ke 28 menunjukkan tinggi tanaman selada yaitu 9-16,8 cm dengan rata-rata 8,3-16,0 cm.

Figure 5, menjelaskan tentang perbandingan lebar tanaman pada sistem akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional. Pada akuaponik menggunakan IoT, pengamatan hari ke-7 lebar tanaman selada adalah 4-6,4 cm dengan rata-rata 3,0-5,5 cm. Pada hari ke-14 lebar tanaman selada adalah 3-9,9 cm dengan rata-rata 4,3-9,2 cm. Pada hari ke-21 lebar tanaman selada adalah 5-13,3 cm dengan rata-rata 4,4-11,9 cm. Hari ke-28 menunjukkan lebar tanaman selada adalah 7-16,5 cm dengan rata-rata 6,2-15,1 cm. Sedangkan pada akuaponik konvensional, lebar tanaman selada hari ke-7 adalah 4-6,5 cm dengan rata-rata 2,6-5,7 cm. Hari ke-14 menunjukkan lebar tanaman selada yaitu 6-11 cm dengan rata-rata 5,3-10,7 cm. Pada hari ke-21 menunjukkan tinggi tanaman selada yaitu 7-18 cm dengan rata-rata 6,1-15,2 cm. Hari ke 28 menunjukkan lebar tanaman selada yaitu 11-20 cm dengan rata-rata 9,2-19,1 cm.

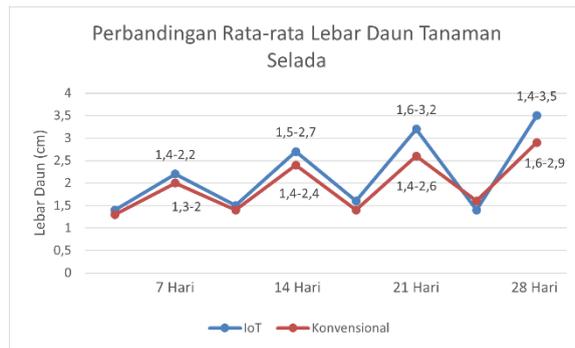


Figure 6. Line Chart Comparison of Aquaponic Lettuce Leaf Width



Figure 7. Box Plot Comparison of Aquaponic Lettuce Weight Gain

Figure 6, menjelaskan tentang perbandingan lebar daun tanaman pada sistem akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional. Pada akuaponik menggunakan IoT, pengamatan hari ke-7 lebar daun tanaman selada adalah 1,5-2,3 cm dengan rata-rata 1,4-2,2 cm. Pada hari ke-14 lebar daun tanaman selada adalah 1,6-3 cm dengan rata-rata 1,5-2,7 cm. Pada hari ke-21 lebar daun tanaman selada adalah 1,2-3,4 cm dengan rata-rata 1,6-3,2 cm. Hari ke-28 menunjukkan lebar daun tanaman selada adalah 1,7-3,6 cm dengan rata-rata 1,4-3,5 cm. Sedangkan pada akuaponik konvensional lebar daun tanaman selada hari ke-7 adalah 1,3-2,1 cm dengan rata-rata 1,3-2,0 cm. Hari ke-14 menunjukkan lebar daun tanaman selada yaitu 1,4-2,4 cm dengan rata-rata 1,4-2,4 cm. Pada hari ke-21 menunjukkan lebar daun tanaman selada yaitu 1,4-2,8 cm dengan rata-rata 1,4-2,6 cm. Hari ke 28 menunjukkan lebar daun tanaman selada yaitu 1,7-3 cm dengan rata-rata 1,6-2,9 cm.

Figure 7, menjelaskan tentang perbandingan kenaikan berat pada tanaman selada akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional. Pada akuaponik menggunakan IoT terdapat peningkatan berat tanaman selada dari masa awal tanam hingga masa panen yaitu sebesar satu gram dari 11-15 gram menjadi 12-16 gram. Sedangkan pada tanaman selada akuaponik konvensional dari awal tanam hingga masa panen tidak menunjukkan adanya kenaikan berat tanaman.

4.2 Diskusi Hasil

Setelah melakukan percobaan terhadap dua sistem akuaponik yang berbeda yaitu sistem akuaponik menggunakan IoT dan sistem akuaponik konvensional diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa tinggi tanaman selada akuaponik konvensional lebih tinggi dari tanaman selada akuaponik menggunakan IoT. Hal ini diakibatkan adanya gejala etiolasi pada pertumbuhan tanaman selada akuaponik konvensional lebih tinggi dibandingkan tanaman selada akuaponik menggunakan IoT. Selain tinggi tanaman, lebar daun tanaman selada akuaponik konvensional lebih kecil dibandingkan dengan lebar daun tanaman selada akuaponik menggunakan IoT. Tanaman etiolasi merupakan tanaman yang tumbuh dengan batang memanjang dan mudah jatuh atau lemah [18]. Selain itu, tanaman etiolasi juga menyebabkan tinggi tanaman menjadi lebih tinggi dan juga lebar daun yang menyempit [19,20]. Dengan tinggi tanaman pada akuaponik konvensional yang mengalami etiolasi menyebabkan lebar tanaman semakin tidak teratur karena batang tanaman yang mudah jatuh sehingga lebar tanaman selada pada akuaponik konvensional lebih tinggi dibandingkan dengan lebar tanaman selada akuaponik menggunakan IoT.

Kekurangan pencahayaan seperti dari sinar matahari dapat menyebabkan munculnya gejala etiolasi pada tanaman mengingat pencahayaan merupakan unsur yang penting untuk pertumbuhan tanaman [19]. Selain cahaya alami, pencahayaan juga dapat dibuat dengan cahaya buatan seperti menggunakan lampu *growth light* yang dapat berperan sebagai pengganti sinar matahari dan efisien untuk kebutuhan proses fotosintesis tanaman [21]. Dengan adanya pencahayaan buatan dari lampu *growth light* dapat mengurangi tingkat etiolasi pada tanaman selada akuaponik menggunakan IoT.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan dua sistem akuaponik yang berbeda yaitu akuaponik menggunakan IoT dan akuaponik konvensional diperoleh bahwa gejala etiolasi pada tanaman selada akuaponik konvensional lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman selada akuaponik menggunakan IoT. Tinggi tanaman selada akuaponik konvensional lebih tinggi dari tanaman selada akuaponik menggunakan IoT dengan selisih tinggi 0,8 – 2,8 cm. Lebar tanaman selada akuaponik konvensional lebih lebar dari tanaman selada akuaponik menggunakan IoT dengan selisih lebar 3,5 cm. Lebar daun tanaman selada akuaponik konvensional lebih kecil dari selada akuaponik menggunakan IoT dengan selisih 0,6 cm. Kenaikan berat tanaman selada akuaponik

menggunakan IoT sebesar satu gram sedangkan tanaman selada akuaponik konvensional tidak mengalami kenaikan berat. Untuk pengembangan selanjutnya dapat lebih diperhatikan dengan pemilihan benih dan pengaturan nutrisi yang tepat pada sistem akuaponik sehingga menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik.

Referensi

- [1] Hart, E. R., Webb, J. B., & Danylchuk, A. J. 2013. Implementation of aquaponics in education: An assessment of challenges and solutions. *Science Education International*. 24:4 460–480.
- [2] Rahmawati Aulia, Dailami M, & Supriatin F. E. 2021. The Performance of Water Quality in Tilapia Pond Using Dutch Bucket and Deep Flow Technique. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 25:1 885-897.
- [3] Somerville, C., M. Cohen, P. Eduardo, S. Austin, A. Lovatelli. 2014. *Small Scalle Aquaponics Food Production*. FAO Fisheris And Aquaculture Publisher. Rome
- [4] Wibisono, V., & Kristyawan, Y. 2021. An Efficient Technique for Automation of The NFT (Nutrient Film Technique) Hydroponic System Using Arduino. *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics (IJAIR)*. 3:1 44–49.
- [5] Miranto, A., Baqaruzi, S., Mustaqim, A., & Adnan, F. T. 2021. Perancangan Sistem Akuaponik Menggunakan SCADA. 12(2), 1–6.
- [6] Haqim, K. R., Agus, I., Permana, G., & St, U. S. 2018. Perancangan Web Monitoring Dan Kontriling Aquaponic Untuk Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet Of Things. *E-Proceeding of Applied Science*, 4(3), 2786–2808.
- [7] Rehman, A., & Hussain, I. 2016. Modern Agricultural Technology Adoption its Importance, Role and Usage for the Improvement of Agriculture. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sei*. 16:2 284–288.
- [8] Meutia, E. D. (2015) 'Internet of Things – Keamanan dan Privasi', Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2015, pp. 85–89.
- [9] H., Z., A., H., & M., M. 2015. Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions. *International Journal of Computer Applications*, 128:1, 37–47.
- [10] Tolentino, L. K. S., Fernandez, E. O., *et al.*, 2019. Development of an IoT-based Aquaponics Monitoring and Correction System with Temperature-Controlled Greenhouse. *International SoC Design Conference*, 261–26.
- [11] Naser, B. A. A.-Z., Saleem, A. L., Ali, A. H., Alabassi, S., & Al-Baghdadi, M. A. R. S. 2019. Design and construction of smart IoT-based aquaponics powered by PV cells. *International Journal of Energy and Environment*. 10:3 127–134.
- [12] Haryanto, Ulum, M., Ibadillah, A. F., Alfita, R., Aji, K., & Rizkyandi, R. 2019. Smart aquaponic system based Internet of Things (IoT). *Journal of Physics: Conference Series* 1211.
- [13] Wahab, Abul dkk. 2021. Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrolling dan Monitoring Akuaponik Menggunakan Wemos D1 Mini. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 7:2, 231-240.
- [14] Rahayu, N., Utami, W., & Razabi, M. (2018). Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Pemantauan Aquaponic Berbasis Iot Pada Kelurahan Kutajaya. *ICIT Journal*, 4:2, 192-201.
- [15] Sulthan, Muhammad., Sumaryo Sony & Budiman Faisal. 2020. Sistem Pemantauan Dan Kontrol Parameter Baterai Aki Pada Robot Edutainment Berbasis Arduino & Android. *e-Proceeding of Engineering*. 7:1 258.
- [16] Kobua, C. K., Jou, Y., & Wang, Y. 2021. Advantages of Amending Chemical Fertilizer with Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria under Alternate Wetting Drying Rice Cultivation. *Agriculture*.
- [17] Agius, C. 2015. "The yield and quality of lettuce crop, grown in different growing media". [Thesis]
- [18] Gashaw, B., & Haile, S. 2020. Effect of Different Rates of N and Intra-row Spacing on Growth Performance of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Gura Zone, Wolkite University, Ethiopia. *Advances in Agriculture*. 1–6.
- [19] Prasetyo, J., & Wicaksono, D. 2019. Desain Alat Pemacu Pertumbuhan dan Produktivitas Sayuran Berbasis Sonic Bloom dan Cahaya Monokromatik. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*. 7:1 1–7.
- [20] Darko, E., Heydarizadeh, P., Schoefs, B., & Sabzalian, M. R. 2014. Photosynthesis under artificial light: The shift in primary and secondary metabolism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 369.
- [21] Muhidin. 2010. Seleksi Dan Karakteristik Ketahanan Pisang Kate (*Dwarf* Banana) Khas Sulawesi Tenggara Terhadap Naungan. *Agriplus*. 20:1.
- [22] Santoso, J., Suhardjono, H., & Wattimury, A. 2020. Kajian Nilai Curs Spektrum Warna Terhadap Warna Cahaya Matahari dan Cahaya Buatan untuk Pertumbuhan Tanaman. Seminar Nasional Magister Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur. 11–22.