

Otomatisasi *Ultrasonik Fogger* Budidaya Selada Keriting Hijau Secara Fogponik di Pertanian Indoor berbasis *Internet of Things* (IoT)

Automation of Ultrasonic Fogger to Lettuce Cultivation Fogponic in Indoor Farming Internet of Things (IoT) based

Hanis Adila Letari^{*1}, Anri Kurniawan^{*1}, Triat Adi Yuwono^{#1}

¹Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto

**email.anrykurniawan1991@gmail.com*

ABSTRAK

Selada Keriting Hijau atau di Indonesia lebih dikenal sebagai selada bokor adalah salah satu komoditas yang memiliki prospek yang cerah untuk dibudidayakan. Selada Keriting Hijau dipanen pada umur 25 - 35 hari. Harga Selada Keriting Hijau di pasaran dapat mencapai Rp. 10.000 sampai dengan Rp. 15.000 per kg. Salah satu metode hidroponik yang dapat dilakukan pada budidaya tanaman Selada Keriting Hijau di dalam ruangan adalah sistem hidroponik dengan kabut atau biasa disebut Fogponic. Fogponic merupakan sistem hidroponik yang dikembangkan dari metode Aeroponik, menggunakan ultrasonik fogger atau alat pengabut untuk mengabutkan nutrisi ke akar tanaman. Tujuan penelitian ini adalah 1). Membuat rancang bangun piranti sistem kontrol suhu air, kepekatan larutan dan tinggi muda air nutrisi Fogponic pada Pertanian Indoor. 2). Membuat Automatic Ultrasonik Fogger untuk memaksimalkan nutrisi ke akar tanaman Selada Keriting Hijau. 3). Mengevaluasi kinerja sistem Automatic Ultrasonik Fogger dengan terintegrasi terhadap Internet of Things (IoT) melalui website Thingspeak. Rancang Bangun Fogponik menggunakan Ultrasonik Fogger dapat memaksimalkan air yang sedikit untuk kebutuhan tanaman. Meskipun pada penggunaan LED Grow Light belum bisa menggantikan cahaya matahari pada Greenhouse. Automatic Ultrasonik Fogger bekerja sesuai jadwal pada pukul 06.00, 08.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 dan 18.00. Selain itu akan bekerja pada saat mesin pengabut mendeteksi ketinggian air berkurang sehingga memberi notifikasi untuk penambahan air nutrisi. Sistem kerja Fogponik dapat menghidupkan tanaman selada keriting hijau dan lebih baik daripada Hidroponik Deep Water Culture (DWC). Namun tidak berbeda nyata dengan Bubbleponik dan masih kalah dibandingkan Aeroponik sederhana.

Kata kunci — Fogponik, Pertanian Indoor, IoT, Selada

ABSTRACT

Lettuce or in Indonesia better known as bokor lettuce is a commodity that has bright prospects for cultivation. Green Curly Lettuce is harvested at the age of 25 - 35 days. The price of Green Curly Lettuce on the market can reach Rp. 10,000 to Rp. 15,000 per kg. One of the hydroponic methods that can be carried out for cultivating Green Curly Lettuce plants indoors is a hydroponic system with fog or commonly called Fogponic. Fogponic is a hydroponic system developed from the Aeroponic method, using an ultrasonic fogger or atomizer to atomize nutrients to plant roots. The aims of this research are 1). Designing a water temperature control system device, solution concentration and light height of Fogponic nutrient water in Indoor Agriculture. 2). Create an Automatic Ultrasonic Fogger to maximize nutrition to the roots of Green Curly Lettuce plants. 3). Evaluate the performance of the Automatic Ultrasonic Fogger system by integrating it with the Internet of Things (IoT) via the Thingspeak website. Fogponic design using Ultrasonic Fogger can maximize the little water needed by plants. Even though the use of LED Grow Light cannot replace sunlight in Greenhouses. Automatic Ultrasonic Fogger works according to schedule at 06.00, 08.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 and 18.00. Besides that, it will work when the fogging machine detects the water level is decreasing so that it gives a notification to add nutrient water. The Fogponics work system can revive green curly lettuce plants and is better than Deep Water Culture (DWC) Hydroponics. However, it is not significantly different from Bubbleponik and still inferior to simple Aeroponics.

Keywords — Fogponik, Indoor Farming, IoT, lettuce

 OPEN ACCESS

© 2023. Hanis Adila Letari, Anri Kurniawan, Triat Adi Yuwono



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Selada Keriting Hijau atau di Indonesia lebih dikenal sebagai Selada Bokor adalah salah satu komoditas yang memiliki prospek yang cerah untuk dibudidayakan. Selain cara budidaya yang relatif mudah dibandingkan dengan sayuran biasa bisa dipanen pada umur 25 - 35 hari. Harga jual dari Selada Keriting Hijau jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sayuran sejenis lainnya mengingat masih sedikit orang yang membudidayakannya. Harga Selada Keriting Hijau di pasaran dapat mencapai Rp. 10.000 sampai dengan Rp. 15.000 per kg. (Hakiki et al., 2021). Selada Keriting Hijau memiliki potensi yang lebih besar dengan metode hidroponik untuk menghasilkan kualitas bermutu tinggi. Namun Selada Keriting Hijau sering terkena hama dan penyakit yang menyerang daun seperti ulat daun, karat daun, virus keriting sampai kekurangan unsur mangan.

Indoor Farming atau pertanian di dalam ruangan merupakan konstruksi/bangunan yang berfungsi untuk memanipulasi lingkungan agar tercipta kondisi lingkungan yang diinginkan dan menghindari adanya hama dan penyakit yang terbawa angin. Pemeliharaan tanaman di dalam ruangan akan menyebabkan tanaman akan lebih terkontrol dan laju pertumbuhan tanaman akan lebih maksimal dibandingkan dengan tanaman yang berada di luar (Wardani, 2018). Akan tetapi, *Indoor Farming* memerlukan teknik tersendiri agar kondisi tanaman dapat terkontrol dengan baik, seperti suhu dan kelembaban udara, intensitas cahaya matahari hingga kondisi air

Salah satu metode hidroponik yang dapat dilakukan pada budidaya tanaman Selada Keriting Hijau di dalam ruangan adalah sistem hidroponik dengan kabut atau biasa disebut *Fogponic*. *Fogponic* merupakan sistem hidroponik yang dikembangkan dari metode *Aeroponik*, menggunakan ultrasonik *fogger* atau alat pengabut untuk mengabutkan nutrisi ke akar tanaman. *Fogponic* memerlukan perhatian khusus terutama terkait dengan derajat keasaman (pH) air dan menggunakan objek tanaman selada di mana selada adalah salah satu jenis tanaman sayuran yang biasa dikonsumsi banyak orang untuk memenuhi kebutuhan pokok. (Rakib Uddin & Suliaman, 2021)

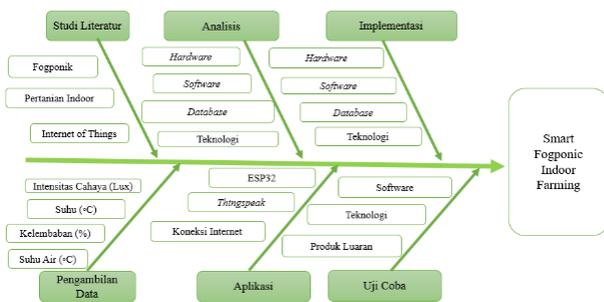
Pemanfaatan *Precision Agriculture* atau pertanian presisi merupakan implementasi teknologi informasi ke dalam dunia pertanian secara akurat. Pertanian presisi dapat diaplikasikan pada segala macam budidaya pertanian seperti hidroponik dan *Indoor Farming* dengan penggunaan sensor. Pada sistem *Fogponic* di *indoor farming* harus memperhatikan segala kondisi lingkungan tanaman seperti kandungan nutrisi, debit nutrisi, suhu dan kelembaban udara, pH dan intensitas cahaya. (Risath et al., 2020) Pengukuran pertumbuhan secara manual banyak memiliki kekurangan sehingga dapat dioptimalkan menggunakan sensor, mikrokontroler, suhu dan kelembaban buatan (kipas), cahaya matahari buatan (LED *Grow Light*) dan *internet of things* (IoT). Berdasarkan uraian di atas, bahwa dapat dikembangkan sebuah piranti sistem kontrol pada budidaya Selada Keriting Hijau di *Fogponic* pada Pertanian *Indoor* dalam mengoptimalkan kondisi lingkungan dan air nutrisi secara otomatis. Hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat dan berkelanjutan dalam mengoptimalkan produktivitas tanaman Selada Keriting Hijau (*Lactuca sativa*, L.) Adapun tujuan dari penelitian ini adalah 1. Membuat rancang bangun *Fogponic* dengan Ultrasonik *Fogger* pada Pertanian *Indoor* dengan LED *Grow Light*.. 2. Membuat *Automatic Ultrasonik Fogger* untuk memaksimalkan nutrisi ke akar tanaman Selada Keriting Hijau. 3. Mengevaluasi kinerja sistem *Fogponic* pada pertanian dalam ruangan dengan membandingkan dengan jenis hidroponik lainnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu studi literatur, desain alat, analisis, implementasi teknologi, pengumpulan data, analisis data dan publikasi. Lebih lengkap dapat dilihat pada diagram *fishbone* penelitian di bawah ini.





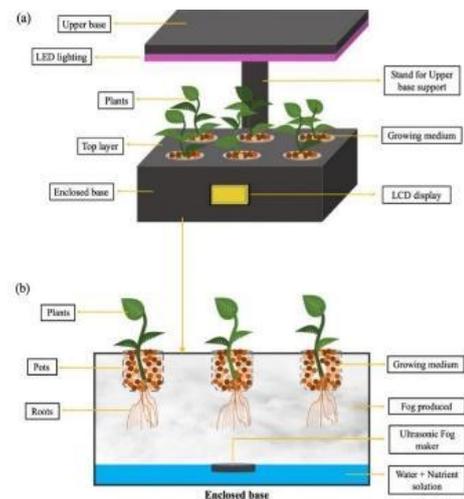
Gambar 1. Diagram *fishbone* penelitian

Berdasarkan diagram di atas dijabarkan bahwa dalam mewujudkan penelitian tersebut menggunakan beberapa metode untuk mencapai tujuan penelitian. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Metode pertama yaitu pembuat sistem kontrol menggunakan rancang bangun keteknikan yaitu berupa proses pembuatan piranti. Mulai dari studi literatur, pembuat draf, perancangan, uji coba dan evaluasi.
- Metode kedua yaitu pembuatan *Automatic Ultrasonic Fogger* menggunakan rancang bangun keteknikan yaitu berupa proses pembuatan piranti. Mulai dari studi literatur, pembuat draf, perancangan, uji coba dan evaluasi.
- Metode ketiga yaitu berupa uji analisis data menggunakan statistik yaitu *Analysis of Varians (ANOVA) single factor*.

2.2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras terdiri dari *input* dan *output*, perangkat *input* terdiri sensor suhu dan kelembaban dht22, sensor cahaya bh1750, sensor *flow meter*, sensor EC, sensor pH dan IP kamera. Perangkat *output* terdiri dari aktuator *relay* yang terhubung dengan *exhaust*, kipas, *LED grow light* dan pompa AB mix, pH up, pH down. Blok diagram arsitektur yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Perangkat Keras (*hardware*)

Perangkat pendukung dalam sistem *Fogponic* pada *indoor farming* adalah bak penampung (*Reservoir*), *Fogponic*, aerator, Netpot, pipa *input*, pipa *output*, *emitter*, *nepel ulir* sambungan L dan Hidroton.

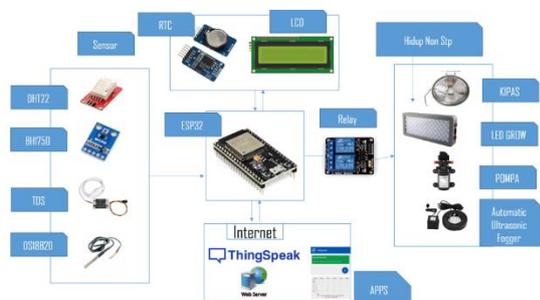
- Sensor DHT22 berfungsi sebagai sensor untuk suhu dan kelembaban udara
- Sensor TDS berfungsi sebagai sensor untuk mengukur pekatan nutrisi dalam air dalam satuan part per million (ppm)
- Mikrokontrol ESP32 berfungsi sebagai pengontrol dan pemroses data. Serta modul berfungsi mengirim data dari mikrokontroler ke telegramboot melalui jaringan internet.
- Thingspeak berfungsi menampilkan data ketinggian air, TDS dan citra laju pertumbuhan.
- Relay berfungsi untuk mengendalikan ON/OFF peralatan listrik berdaya besar, baik dari arus atau tegangan AC maupun DC.
- Pompa air berfungsi untuk mentransfer air dari tendon air yang satu ke bak tempat penampungan hidroponik rakit apung.
- Pompa air berfungsi untuk mentransfer air nutrisi dari tendon nutrisi yang satu ke bak tempat penampungan hidroponik rakit apung
- Kipas berfungsi mengeluarkan angin sebagai syarat tumbuh tanaman.
- LED Grow Light berfungsi sebagai pengganti sinar matahari dalam budidaya di Indoor.

Perangkat keras pendukung dalam sistem *Fogponic* adalah :

- Bak Penampung (*Reservoir*) berfungsi untuk menampung air nutrisi tempat tanaman Selada Keriting Hijau hidup.
- Pompa berfungsi memberikan tekanan udara pada bak penampung agar terjadi sirkulasi dalam air.
- Ultrasonik Fogger berfungsi menghasilkan gelembung udara untuk tambahan oksigen pada bak penampung. Kemudian air tersebut diubah menjadi kabut
- Pipa sebagai alat untuk mengair bak penampung.
- Hidroton sebagai media tanaman agar menyimpan air untuk budidaya Selada Keriting Hijau.
- Netpot untuk menyimpan tanaman Selada Keriting Hijau pada bak penampung.
- Rockwool berfungsi sebagai media tanaman Selada Keriting Hijau sebelum pindah tanam.

2.2.2. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak berfungsi ketika sistem dijalankan dengan melakukan inisiasi terhadap nilai sensor dan memuat data pada LCD dan *website*.



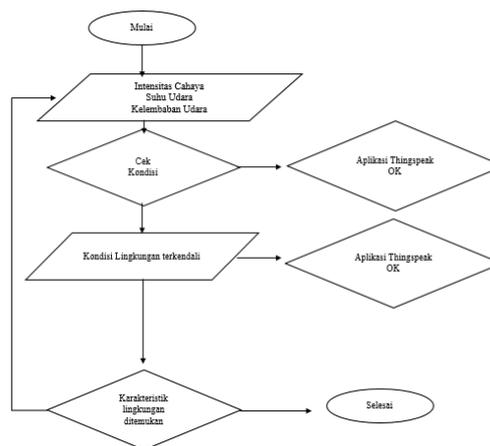
Gambar 3. Diagram Alur Sistem

2.2.3. Sistem Kerja Alat

Apabila *mode* pada status otomatis, jika nilai sensor di bawah keadaan normal yakni (TDS <1000 ppm) maka mikrokontroler akan mengaktifkan pompa ABmix *Automatic Ultrasonic Fogger*. Jika nilai sensor suhu, kelembaban, dan pada kondisi di atas keadaan normal (suhu >32 0C, kelembaban >80 %, TDS >2000 ppm) maka mikrokontroler akan mengaktifkan kipas, dan mematikan aliran pompa ABmix. Sistem diberi jangka waktu 10

detik untuk menyelesaikan semua perintah yang dikirim ke dalam ESP32. ESP32 kemudian mengirimkan data melalui internet ke *Thingspeak*, kemudian *Thingspeak* mengirimkan data informasi ke *website*.

Sedangkan untuk pengganti sinar matahari yaitu LED grow light akan terus hidup selama 24 jam terus menerus. Sedangkan kipas angin akan hidup secara otomatis pada pukul 08.00, 10.00, 12.00, 15.00 dan 18.00.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.2.4. Analisis Data

Analisis data penelitian untuk mencari hubungan antar parameter yang mempengaruhi kinerja hidroponik *Fogponic* pada *Indoor farming*. Data pengujian yang terkumpul diolah menggunakan analisis regresi hasil pengukuran dengan aplikasi *Microsoft excel*. Kemudian dilakukan *analysis of varians* (ANOVA) menggunakan aplikasi SPSS 26 membandingkan hasil pengukuran secara manual, tampak LCD dan data yang ada pada aplikasi telegram. Uji lanjut (*post hoc test*) menggunakan *Least Significance Different* (LSD), Uji Tukey dan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan level signifikansi 0.05.

Adapun variabel yang mempengaruhi tentang penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel pengukuran

| No. | Pengukuran | Alat Ukur | Satuan |
|-----|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. | Ketinggian Air | Water Level Indikator | cm |
| 2. | Total Dissolved Solid (TDS) | TDS meter | ppm |
| 3. | pH air | pH mater air | pH |
| 4. | Suhu air | TDS meter | $^{\circ}\text{C}$ |
| 5. | Suhu udara | Hygrometer | $^{\circ}\text{C}$ |
| 6. | Kelembaban udara | Hygrometer | % |
| 7. | Intensitas cahaya matahari | Lux Meter | Lux |
| 8. | Tinggi tanaman | Mistar | cm |
| 9. | Kecepatan angin | Anemometer | m/s |

3. Hasil dan Pembahasan

Tanaman selada keriting hijau yang dibudidayakan adalah benih merek *Rapid* dari Cap Panah Merah. Dimana terlebih dahulu tanaman disemai di media tanah *rockwool*. Lalu setelah satu minggu dipindah tanam ke media percobaan yaitu empat buah wadah (*Bucket*) berisi tipe budidaya yang berbeda. Terdiri dari *Fogponic*, *Bubbleponic*, Hidroponik *Deep Water Culture* (DWC) dan *Aeroponik* sederhana. Penelitian dilakukan dengan membandingkan pertumbuhan Selada Keriting Hijau pada pertanian dalam ruangan. Penelitian diambil dengan mengambil sampel tanaman setiap hari sampai 40 HST.



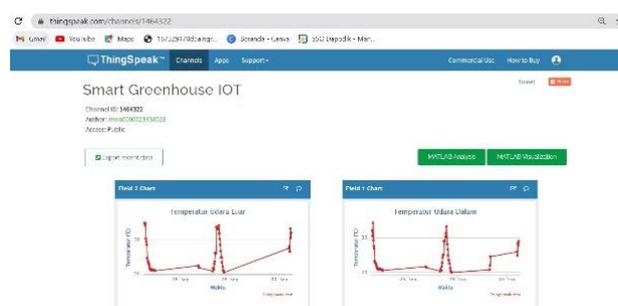
Gambar 5. Selada Bokor

Rancang Bangun Pertanian *Indoor* dilakukan secara sederhana di ruangan tertutup yang masih ada ventilasi udara. Kebutuhan cahaya pada tanaman menggunakan LED *Grow*

Light dengan cahaya dalam satuan lux. Tipe *Grow Light* yang digunakan adalah model lampu bulat yang dapat menerangi empat buah tanaman. Suhu udara dalam ruangan pada suhu 22° - 25° celcius dengan kelembaban 50 – 80%. Sedangkan untuk kecepatan angin belum diberi parameter, sedangkan untuk suhu air sendiri di sesuaikan pada jenis hidroponik yang digunakan. *Fogponik* atau biasa disebut sebagai Hidroponik Kabut adalah salah satu jenis hidroponik yang mirip dengan sistem *Aeroponik*. Perbedaan yang mendasar adalah Nutrisi *ABMix* dikabutkan menggunakan mesin pengabut bernama *Ultrasonik Fogger*. Alat tersebut dapat mengabut air nutrisi secara otomatis setiap 2 jam sekali dengan malam hari otomatis mati.

Secara default *Ultrasonik Fogger* otomatis hidup pada pukul 06.00, 08.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 dan 18.00. Tetapi *Ultrasonik Fogger* akan memberikan peringatan jika mesin pengabut tidak bisa berfungsi ketika air nutrisi sedikit dan akan memberikan notifikasi untuk menambah air. *Ultrasonik Fogger* akan hidup selama 15 menit dan akan mati pada waktu tersebut.

Namun pada pelaksanaannya *Ultrasonic Fogger* hanya bisa menyemburkan kabut pada wadah maksimal 2 liter. Jika lebih dari itu, uap air yang keluar dari mesin pengabut tidak bisa mencapai akar tanaman.



Gambar 6. Tampilan di *Thingspeak*

3.1. Tinggi Tanaman

Pertumbuhan tanaman dihitung menggunakan mistar pada pagi hari ketika *Ultrasonik Fogger* mulai dinyalakan. Hal itu dilakukan setiap sampai menunjukkan perubahan secara signifikan selama 5 hari sekali. Dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

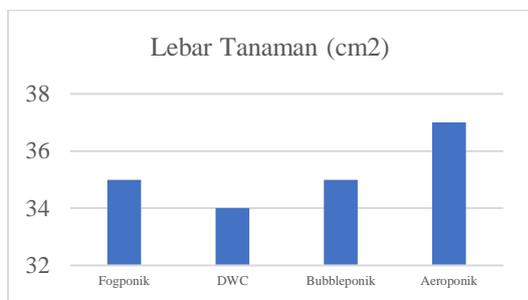
Tabel 2. Pertumbuhan Selada Keriting Hijau

| Hari ke | Tinggi Tanaman (cm) |
|---------|---------------------|
| 1 | 2,0 |
| 5 | 4,8 |
| 10 | 7,7 |
| 15 | 8,9 |
| 20 | 10,2 |
| 25 | 12,0 |
| 30 | 13,1 |
| 35 | 14,9 |
| 40 | 15,5 |

Berdasarkan tabel di atas dijelaskan bahwa setiap 5 hari pengamatan ada peningkatan yang signifikan setiap harinya terutama pada minggu pertama dan kedua. Karakteristik tanaman selada keriting hijau yang mulai mengembang pada minggu kedua membuat peningkatan tinggi tanaman menjadi semakin sedikit.

3.2. Lebar Daun

Lebar daun dihitung setelah panen untuk menunjukkan seberapa besar hasil dari empat jenis hidroponik yang digunakan untuk menunjukkan siapa yang paling baik di antaranya.



Gambar 7. Perbandingan Lebar Tanaman

Pada kondisi ruangan yang memiliki suhu udara 20 – 25⁰C dengan kelembaban udara 50 - 90% dengan kondisi angin masuk ke ventilasi. Daerah bangunan berada pada ketinggian 1.000 mdpl dengan curah hujan tinggi. Menghasilkan kondisi nutrisi tanaman dalam keadaan tertutup dengan kondisi pada tabel di bawah ini.

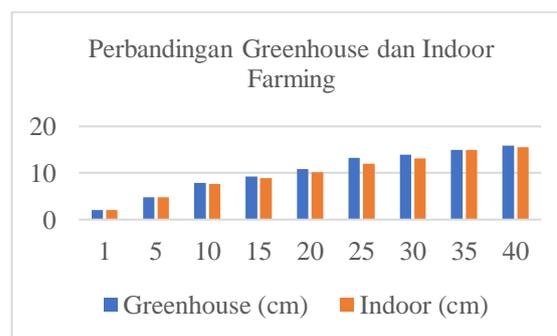
Tabel 3. Kondisi Air Nutrisi Fogponik

| Hari Ke | pH Air | Suhu Air (⁰ C) | TDS (ppm) |
|---------|--------|----------------------------|-----------|
| 1 | 5 | 22,5 | 1300 |
| 5 | 5 | 22,0 | 1250 |
| 10 | 5 | 23,2 | 1300 |
| 15 | 5 | 22,2 | 1300 |
| 20 | 5 | 20,1 | 1200 |
| 25 | 5 | 22,5 | 1250 |
| 30 | 5 | 22,0 | 1275 |
| 35 | 5 | 22,5 | 1300 |
| 40 | 5 | 22,8 | 1300 |

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa ruangan dalam kondisi lembab sehingga tanaman tidak terlalu optimal pertumbuhannya. Perlu adanya tambahan pemanas ruangan agar kondisi tanaman tidak terkena jamur dan bakteri.

Dalam mengamati efektivitas *LED Grow Light* dalam menggantikan cahaya matahari dalam ruangan, dibuatlah perbandingan dengan *Greenhouse*.

Greenhouse masih lebih efektif dalam menghasilkan cahaya di atas 10.000 lux. Sedangkan untuk di *Greenhouse* LED gros Light hanya menghasilkan 40 sampai 50 nm spektrum cahaya, sehingga kebutuhan tanaman belum maksimal. Kebutuhan tanaman membutuhkan spektrum cahaya sebesar 60-70 nm dan belum bisa mencapai 10.00 lux.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Tinggi Tanaman pada *Greenhouse* dan *Indoor Farming*

Selain perbandingan dengan kondisi yang lain, Fogponik juga dibandingkan dengan tiga jenis hidroponik yang cocok untuk pertanian Indoor. Jenis Hidroponik tersebut antara lain *Deep Water Culture* (DWC), Bubbleponik dan Aeroponik sederhana, ketiga perlakuan tersebut

dibandingkan berdasarkan lebar daun hasil penelitian.

Tabel 4. Perbandingan Fogponik dengan Hidroponik DWC, Bubbleponik, dan Aeroponik Sederhana.

| Perlakuan | Fogponik (cm ²) | DWC (cm ²) | Bubbleponik (cm ²) | Aeroponik (cm ²) |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1 (depan kiri) | 33,7b | 32,0c | 33,3b | 34,7a |
| 2 (depan kanan) | 32,8b | 31,2c | 32,6b | 34,9a |
| 3 (belakang kanan) | 33,2b | 32,9b | 33,1b | 34,6a |
| 4 (belakang kiri) | 34,5a | 32,7c | 33,9b | 34,5a |

Berdasarkan hasil tabel di atas menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara perlakuan sehingga menunjukkan bahwa Aeroponik sederhana yang menghasilkan lebar tanaman yang lebih baik pada jenis perlakuan manapun. Hanya pada perlakuan belakang kiri saja keduanya sama persis. Dimana Bubbleponik dan Fogponik memiliki kecenderungan mirip dan tidak berbeda nyata satu sama lainnya.

4. Kesimpulan

- Rancang Bangun Fogponik menggunakan *Ultrasonic Fogger* dapat memaksimalkan air yang sedikit untuk kebutuhan tanaman. Meskipun pada penggunaan LED *Grow Light* belum bisa menggantikan cahaya matahari pada Greenhouse.
- *Automatic Ultrasonic Fogger* bekerja sesuai jadwal pada pukul 06.00, 08.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 dan 18.00. Selain itu akan bekerja pada saat mesin pengabut mendeteksi ketinggian air berkurang sehingga memberi notifikasi untuk penambahan air nutrisi.
- Sistem kerja Fogponik dapat menghidupkan tanaman selada keriting hijau dan lebih baik daripada Hidroponik *Deep Water Culture* (DWC). Namun tidak berbeda nyata dengan Bubbleponik dan masih kalah dibandingkan Aeroponik.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada LPPM Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto

yang telah membiaya Penelitian Dosen Pemula (PDP) ini.

Daftar Pustaka

- [1] Alfiah, W. F., & Cordova, H. (2015). Implementasi Kontrol Logika Fuzzy (KLF) Dalam Pengendalian Kadar Keasaman (pH) Hydroponic Dutch Bucket System Pada Tomat Cherry. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 1–6.
- [2] Hakiki, D. N., Darmawati, E., Purwanto, A., & Ueno, H. (2021). Perbandingan kualitas pascapanen bayam jepang (*spinacia oleracea* l.) yang ditanam dengan pupuk organik dan kimia. *Worthington*, 1–8.
- [3] Haq, E. S., Suwardiyanto, D., & Raya Jember, J. (2018). Online Farm Menggunakan Greenhouse Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah NERO*, 3(3), 193–200.
- [4] Limbong, E. (2018). Pengontrol Tirai Jendela Menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Arduino Uno.
- [5] Putra, Y. H., Triyanto, D., & Suhardi. (2018). Sistem Pemantauan dan Pengendalian Nutrisi, Suhu, dan Tinggi Air Pada Pertanian Hidroponik. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 06(03), 128–138.
- [6] Rakib Uddin, M., & Suliaman, M. F. (2021). Energy efficient smart indoor fogponics farming system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 673(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/673/1/012012>
- [7] Risath, H., Intan, M., Nurimansyah, A., Adam, M. K., & Marausna, G. (2020). Rancang Bangun Automated Fog Ponic Indoor untuk Tanaman Sayuran. 2020, 175–180.
- [8] Setiawan, Y., Tanudjaja, H., & Octaviani, S. (2018). Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik. 20(2), 196–207.
- [9] Sorongan, E., Hidayati, Q., & Priyono, K. (2018). ThingSpeak sebagai Sistem Monitoring Tangki SPBU Berbasis Internet of Things. 3(2), 219–224. <https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i2.2018.219-224>
- [10] Susilawati. (2019). Dasar-Dasar Bertanam secara Hidroponik. UNSRI Press Palembang.
- [11] Wardani, A. (2018). Purwarupa Perangkat IoT untuk Smart Greenhouse Berbasis Mikrokontroler. *E-Proceeding of Engineering*, 5(2), 3859–3875.
- [12] Wicaksana, N., Hadary, F., & Hartoyo, A. (2014). Rancang Bangun Sistem Monitoring Smart Greenhouse Berbasis Android Dengan Aplikasi Sensor Suhu, Kelembaban Udara Dan Tanah Untuk Budidaya Jamur Merang.
- [13] Wicaksono, M. F., & Rahmatya, M. D. (2020). Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home. *Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 10(1), 40–51. <https://doi.org/10.34010/jati.v10i1.2836S>. M. Metev & V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.

