



## *Real-time Monitoring and Optimization of Microgreen Cultivation dengan sistem modular berbasis IoT dan Machine Learning*

Aulia El Hakim<sup>1</sup>, Imam Junaedi<sup>2</sup>, Nadzifah Zahrotul Imtihanah<sup>3</sup>, Avella Aivia Nurdiana<sup>4</sup>, Ahmad Faiz Maulana<sup>5</sup>

Politeknik Negeri Madiun, Indonesia

\*Email Penulis: [aim@pnm.ac.id](mailto:aim@pnm.ac.id)<sup>1</sup>, [imam.junaedi@pnm.ac.id](mailto:imam.junaedi@pnm.ac.id)<sup>2</sup>, [nadzifahzahrotul3@gmail.com](mailto:nadzifahzahrotul3@gmail.com)<sup>3</sup>,  
[avellaivia05@gmail.com](mailto:avellaivia05@gmail.com)<sup>4</sup>, [faizmahmad465@gmail.com](mailto:faizmahmad465@gmail.com)<sup>5</sup>

### ABSTRAK

Indonesia dikenal sebagai negara yang agraris dengan memiliki luas lahan potensial untuk memenuhi kebutuhan pangan bagi masyarakatnya. Peningkatan kebutuhan pangan sangat dipengaruhi oleh pesatnya pertumbuhan penduduk. Adanya permasalahan tersebut dapat diatasi dengan melakukan konsep budidaya baru yaitu *Microgreens*. *Microgreens* merupakan biji yang ditanam dan dipanen sebelum daun aslinya tumbuh. *Microgreens* secara umum dapat dipanen pada umur 5 hari setelah perkecambahan saat daun lembaga nya terbuka dan mulai tumbuh daun pertama secara penuh. Dalam mengatasi masalah ini, peneliti membuat sebuah alat dengan judul “Perancangan *Monitoring dan Controlling Microgreens Cultivation Dengan Modular System*”. Sistem dirancang lebih fleksibel dengan menambahkan *Modular System*. *Modular System* merupakan sebuah tempat / box di dalamnya terdapat beberapa aktuator yang digunakan sebagai media untuk pertumbuhan bibit tanaman *microgreens*. Dengan *Microgreens Cultivation Dengan Modular System*, dapat terhubung dengan *smartphone* karena menggunakan *real-time database* dari google yaitu *firebase*. Pertumbuhan tanaman *microgreens* dapat diamati dan dikontrol secara manual ataupun otomatis. *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* dapat digunakan untuk menanam 1 jenis tanaman *microgreens* yaitu kacang hijau dan terdapat sistem kontrol penyiangan dan penyiraman. Masing masing sistem kontrol memiliki 4 parameter. Dari hasil pengujian, *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* dapat dikontrol secara manual maupun otomatis dari jarak jauh maupun dekat menggunakan *smartphone*.

**Kata kunci:** *Microgreens*; *modular system*; *smarthphone*; otomatis; manual

### I. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara yang agraris dengan memiliki luas lahan potensial untuk memenuhi kebutuhan pangan bagi masyarakatnya dan memberikan kesejahteraan untuk para petani [1]. Peningkatan kebutuhan pangan sangat dipengaruhi oleh pesatnya pertumbuhan penduduk yang kian hari semakin tinggi, maka dari itu kebutuhan pangan tersebut harus tersedia setiap saat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Bahan yang sering dibutuhkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pangan adalah salah satunya sayuran *microgreens*. Adanya permasalahan tersebut dapat diatasi dengan melakukan konsep budidaya baru yaitu *microgreens* [2].

*Microgreens* merupakan biji yang ditanam dan dipanen sebelum daun aslinya tumbuh. Sayuran kecil atau tumbuhan muda yang dapat dimakan dengan tekstur yang lunak [3]. *Microgreens* secara umum dapat dipanen pada umur 5-21 hari

setelah perkecambahan, saat daun lembaga nya terbuka dan mulai tumbuh daun pertama secara penuh. *Microgreens* memiliki ukuran yang kecil, sehingga tidak membutuhkan lahan yang luas dalam pertumbuhannya. *Microgreens* memiliki bentuk yang sama seperti kecambah namun berbeda [4].

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, penulis membuat sistem yang berjudul “Perancangan *Monitoring dan Controlling Microgreens Cultivation* dengan *Modular System*”. Disini penulis membuat alat yang lebih fleksibel dengan menambahkan *Modular System*. *Modular System* merupakan sebuah tempat / box didalamnya terdapat beberapa aktuator yang digunakan sebagai media untuk pertumbuhan bibit tanaman *microgreen*. *Modular system* ini terdapat beberapa modul diantaranya yaitu : Pertama Modul *Central Unit* yang didalamnya terdapat NodeMCU Esp32 sebagai pengendali, *Liquid Crystal Display (LCD)* untuk menampilkan

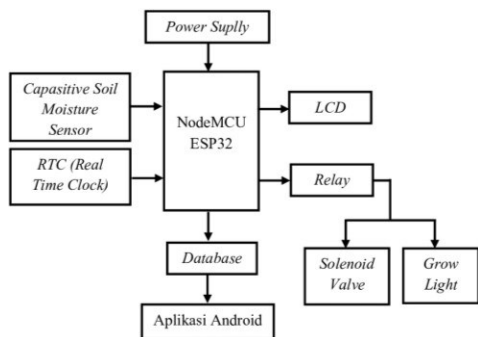
nilai kelembapan tanah. Modul *Central Unit (CU)* tersebut terdapat 3 konektor *aviation* dengan 8 pin yang digunakan sebagai penghubung kabel dari modul lainnya. Kedua, terdapat modul *Capacitive Soil Moisture Sensor* untuk mendeteksi kelembapan tanah tumbuhan *microgreens*. Ketiga, terdapat modul penyiraman yang berisi *relay*, dan keempat ada modul *solenoid valve* dan selang untuk mengalirkan air ketika modul *Soil Moisture Sensor* mendeteksi tanah kering pada media tanam *microgreens*. Kelima modul penyinaran yang didalamnya terdapat *relay*, *RTC* dan *grow light*, yang diharapkan mampu menggantikan cahaya matahari sebagai kebutuhan pengganti fotosintesis tanaman ketika diluar tidak terdapat cahaya matahari bisa menggunakan modul penyinaran. Tetapi jika pagi hari hingga sore hari diluar terdapat sinar matahari pengguna bisa mendapatkan cahaya oleh sinar matahari secara langsung.

Penanaman *microgreens* secara otomatis mampu mengontrol berbagai parameter yang dibutuhkan pada pertumbuhan tanaman, mulai dari penyinaran, penyiraman, dan ketinggian tepat untuk masa panen. Semua parameter tersebut telah terkontrol secara otomatis. Dengan adanya kontrol otomatis pada *microgreens*, tanaman *microgreens* yang sebelumnya harus diperhatikan pertumbuhan, penyiraman, dan penyinaran selama 10 jam, menjadi terkontrol secara otomatis agar pemilik tanaman *Microgreens* dapat melakukan aktivitas lainnya.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam “*Real-time Monitoring and Optimization of Microgreen Cultivation dengan sistem modular berbasis IoT dan Machine Learning*” yaitu metode eksperimen perancangan. Metode eksperimen adalah prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh variabel lain. Pada metode eksperimen ini, peneliti mengambil data dan hasil kerja dari Perancangan *Monitoring dan Controlling Microgreens Cultivation dengan Modular System*, hal ini dilakukan agar mendapatkan fungsi alat yang dibutuhkan oleh pengguna [5].

A. Diagram Blok Sistem



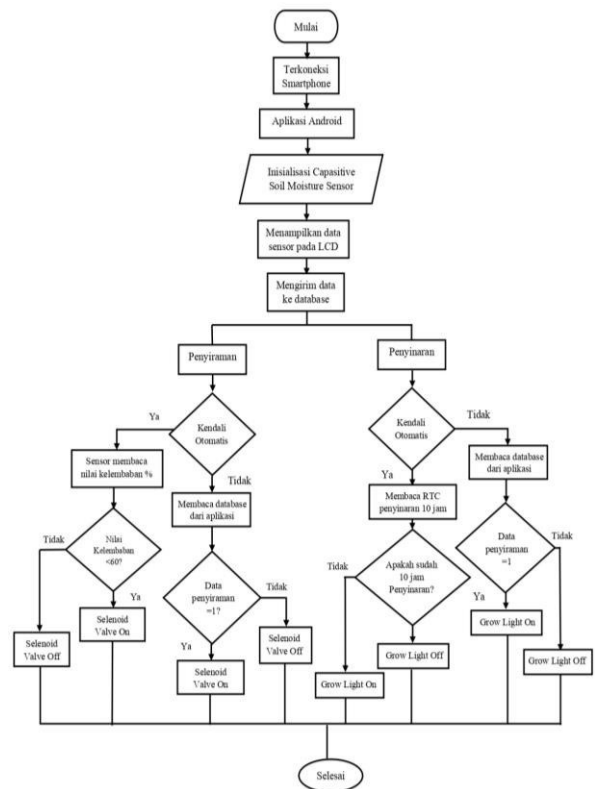
Gambar 1. Diagram blok sistem

Gambar 1. merupakan diagram blok sistem pada Perancangan *Monitoring dan Controlling Microgreens*

*Cultivation Dengan Modular System*. Fungsi-fungsi setiap alat diagram blok sistem yaitu sebagai berikut:

1. *Capacitive Soil Moisture Sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembapan pada tanah.
2. *Real Time Clock (RTC)* merupakan sebuah rangkaian elektronik embedded sistem yang berfungsi untuk menyimpan data waktu penyinaran dan waktu panen dengan tingkat presisi / akurasi tinggi.
3. *Liquid Crystal Display (LCD)* digunakan untuk menampilkan nilai dari sensor kelembapan tanah.
4. *Relay* berfungsi sebagai pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik, untuk menutup atau membuka kontak saklar.
5. *Solenoid Valve* berfungsi untuk mengalirkan atau menutup aliran air yang menuju evaporator (tanah) sesuai kebutuhan yang bekerjanya dikendalikan oleh *Capacitive Soil Moisture Sensor*.
6. *Grow Light* merupakan lampu yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman (fotosintesis).
7. *NodeMCU ESP32* digunakan untuk menghubungkan sistem kontrol ke *smartphone*.
8. *Database* berfungsi sebagai penyimpan, pengambilan data *user*, dan penyimpanan data secara *real time*.

B. Flowchart Sistem



Gambar 2. Flowchart

Gambar 2. merupakan diagram alir dari Perancangan *Monitoring dan Controlling Microgreens Cultivation dengan Modular System*. Berdasarkan diagram alir sistem dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Ketika sistem mulai berjalan, maka terhubung *wifi* dengan *smartphone* lalu masuk ke aplikasi android.
2. Lalu menginisialisasi *sensor Soil Moisture* dan menampilkan nilai kelembapan tanah pada *LCD*.
3. Lalu mengirimkan data ke *database*.
4. Setelah itu pada tampilan aplikasi android terdapat penyiraman dan penyinaran.
5. Jika Penyiraman, maka ada dua pilihan kendali otomatis dan manual.
6. Jika kendali otomatis, maka *sensor* membaca data dan membaca nilai kelembapan, apabila tanah dalam kondisi di bawah *setpoint* 2000, maka *solenoid valve* akan terbuka dan melakukan penyiraman. Jika dalam kondisi *setpoint* mencapai 1300, maka *Solenoid Valve* tertutup tidak melakukan penyiraman.
7. Apabila kendali manual, maka membaca *database*. Dari aplikasi tekan On di aplikasi mengirim data 1 ke *firebase*, di *firebase* membaca 1, maka setelah itu Esp mendapat data 1, maka *relay* aktif berarti *Solenoid Valve* terbuka dan akan melakukan penyiraman. Dan jika *firebase* membaca 0, maka *Solenoid Valve* tertutup, maka tidak akan ada penyiraman.
8. Pada penyinaran juga terdapat kendali otomatis dan manual.
9. Apabila kendali otomatis, maka *sensor* membaca data dan membaca waktu yang sudah di *setting* pada *RTC*, yaitu dengan jadwal penyinaran selama 10 jam, maka *Grow Light* akan ON dan melakukan penyinaran, dan *Grow Light* akan OFF setelah penyinaran 10 jam selesai.
10. Apabila kendali manual, maka membaca *database*. Dari aplikasi tekan ON di aplikasi mengirim data 1 ke *firebase*, di *firebase* membaca 1, maka setelah itu Esp mendapat data 1, maka *relay* aktif berarti *Grow Light* menyala dan akan melakukan penyinaran. Dan jika *firebase* membaca 0, maka *Grow Light* tertutup, maka tidak akan ada penyinaran.

### C. Perancangan Mekanik

Berikut ini adalah desain alat Perancangan *Monitoring* dan *Controlling Microgreens Cultivation* dengan *Modular System*. Disini peneliti menggunakan 5 *box* modul dan 1 wadah air plastik.

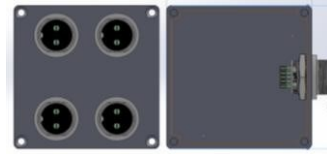
#### a. Desain *Box* Central Unit



Gambar 3. *Box* central unit

Gambar 3. merupakan desain *box* modul central unit. Didalamnya terdapat NodeMCU Esp32 sebagai pengendali, *Liquid Crystal Display (LCD)* untuk menampilkan nilai kelembapan tanah, power supply 12v dan *fitting pneumatic*. Dan juga terdapat 3 konektor *aviation* sebagai penghubung antara *box* modul *Central Unit* dengan *box* modul lainnya.

#### b. Desain *Box* Modul Capacitive Soil Moisture Censor



Gambar 4. *Box* modul capacitive soil moisture censor

Gambar 4. merupakan desain *box* modul *Capacitive Soil Moisture Censor*. Pada *box* modul ini terdapat rangkaian kabel *Capacitive Soil Moisture Censor* yang berfungsi untuk mendeteksi kelembapan pada media tanam *microgreens*. Dan konektor *aviation* sebagai penghubung modul ini dengan modul *Central Unit*.

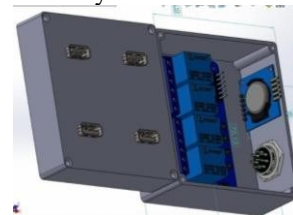
#### c. Desain *Box* Modul Penyiraman



Gambar 5. *Box* modul penyiraman

Gambar 5. merupakan desain *box* modul penyiraman dirancang dengan panjang 8,5cm dan lebar 8,5cm. Pada *box* modul penyiraman terdapat *relay* 4 channel, 8 pin konektor *aviation* sebagai penghubung *box* modul ini dengan *box* modul *Central Unit*.

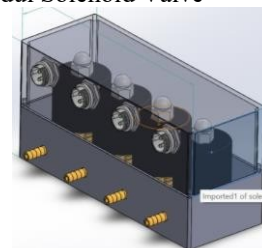
#### d. Desain *Box* Modul Penyinaran



Gambar 6. *Box* modul penyinaran

Gambar 6. merupakan desain *box* modul penyinaran didalamnya terdapat *relay* 4 channel dan *RTC*. Dan pada luar *box* modul penyinaran terdapat port usb untuk 4 *Grow Light* dan 8 pin konektor *aviation* sebagai penghubung *box* modul ini dengan *box* modul *Central Unit*. Desain *box* modul ini dirancang dengan panjang 8,5 cm dan lebar 8,5 cm.

#### e. Desain *Box* Modul Solenoid Valve



Gambar 7. *Box* modul solenoid valve

Gambar 7. merupakan desain *box* modul solenoid valve dirancang dengan panjang 19cm dan lebar 9cm. Pada *box* modul ini terdapat 4 buah *Solenoid Valve*, 8 pin konektor *aviation* sebagai penghubung *box* modul ini dengan *box* modul *Central Unit*.

### III. HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari pembuatan hardware yang sudah dilakukan, maka akan dilakukan proses pengujian dan pengambilan data terhadap “*Real-time Monitoring and Optimization of Microgreen Cultivation dengan sistem modular berbasis IoT dan Machine Learning*”. Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk memperoleh hasil data yang diinginkan. Hasil data dari pengujian alat tersebut akan dilakukan pembahasan, sehingga data pengujian dapat menjadi tolak ukur keberhasilan alat.

#### A. Pengujian *Capacitive Soil Moisture Sensor*

Pada pengujian *Capacitive Soil Moisture Sensor* bertujuan untuk mengetahui nilai kelembapan dari media tanam *microgreens* sesuai dengan perubahan kondisi *Rockwool*. Berikut ini merupakan hasil pengujian dari nilai *Capacitive Soil Moisture Sensor* sesuai dengan perubahan:

**Tabel 1.** Nilai *presentase* kelembapan rockwool berdasarkan *capacitive soil moisture sensor*

| Sensor | Nilai Kelembapan Kering | Nilai Kelembapan Basah |
|--------|-------------------------|------------------------|
| 1.     | 31%                     | 88%                    |
| 2.     | 32%                     | 84%                    |
| 3.     | 39%                     | 86%                    |
| 4.     | 34%                     | 88%                    |

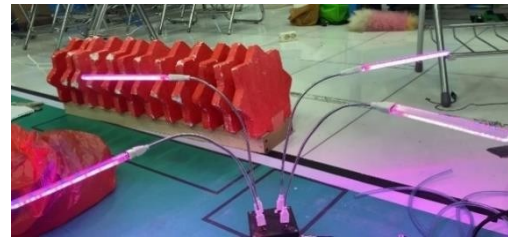
Pada Tabel 1. Merupakan proses pengujian *Capacitive Soil Moisture Sensor* mendapatkan hasil berupa persen yang terbaca pada *LCD* dan aplikasi *smartphone*, pembacaan sensor antara *LCD* dan aplikasi *smartphone* menghasilkan nilai yang sama. Sebagai perbandingan kondisi media tanam dilihat secara pengamatan visual dan diukur dengan nilai kelembapan menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor*.

#### B. Pengujian Sistem Kontrol Manual Penyinaran Dan Penyiraman

Pengujian sistem kontrol manual penyinaran dan penyiraman ini bertujuan untuk menyalakan *grow light* dan mengaktifkan *solenoid valve* dan mengetahui apakah sistem tersebut dapat dikendalikan manual secara jarak jauh menggunakan aplikasi *Microgreens Cultivation* dari *smartphone*.

Pada penyinaran dan penyiraman secara manual untuk menyalakan *grow light* dan mengaktifkan *solenoid valve* yaitu dengan cara mengaktifkan metode manual melalui *smartphone* yang sudah terhubung dengan alat. Ketika metode manual sudah aktif, selanjutnya menekan *button* penyinaran atau penyiraman.

Pada sistem kontrol penyinaran manual *grow light* akan *ON* ketika *button ON* penyinaran ditekan sesuai dengan zona yang dipilih yaitu 1, 2, 3 atau 4 pada aplikasi *smarthphone*. Dan zona penyinaran yang sudah dipilih kemudian *grow light* akan menyala.



**Gambar 8.** Sistem Kontrol Manual Penyinaran

Pada gambar 8. merupakan keadaan *growlight* zona 1, 2, 3, 4 menyala karena mendapat inputan 1 ON dari aplikasi *smartphone*.

Dan untuk melakukan sistem kontrol penyiraman manual, pada aplikasi tekan *button* penyiraman, setelah itu tekan *button* sesuai zona yang akan dipilih, maka *solenoid valve* akan terbuka dan melakukan penyiraman sesuai inputan zona yang dipilih.



**Gambar 9.** Sistem Kontrol Manual Penyiraman

Pada gambar 9. merupakan keadaan *solenoid valve* terbuka dan mengalir kan air karena mendapat inputan 1 ON dari aplikasi *smartphone*.

Untuk menonaktifkan *grow light* menggunakan *button OFF* yang ada pada aplikasi *smartphone*, maka *grow light* akan mati. Dan untuk menonaktifkan penyiraman juga menggunakan *button OFF* yang ada pada aplikasi *smartphone*, maka penyiraman akan berhenti dan *Solenoid Valve* akan tertutup.

#### C. Pengujian Sistem Kontrol Otomatis Penyinaran Dan Penyiraman

Pada penyinaran dan penyiraman secara otomatis untuk menyalakan *grow light* dan mengaktifkan *solenoid valve* yaitu dengan cara mengaktifkan metode otomatis melalui *smartphone* yang sudah terhubung dengan alat. Ketika metode otomatis sudah aktif, selanjutnya menekan *button* penyinaran atau penyiraman.

Pada sistem kontrol penyinaran otomatis *grow light* akan *ON* ketika *button ON* penyinaran ditekan sesuai dengan zona yang dipilih yaitu 1, 2, 3 atau 4 pada aplikasi *smarthphone*. Dan zona penyinaran yang sudah dipilih kemudian *grow light* akan menyala sesuai jadwal yang sudah ditentukan pada *RTC* yaitu *grow light* menyala dan melakukan penyinaran selama 10 jam. Dan setelah 10 jam *grow light* otomatis akan mati.

Pada sistem kontrol penyiraman otomatis yaitu membaca nilai *Capacitive soil moisture sensor* yang sudah tertancap pada media tanam *rockwool*, dimana jika tanah terdeteksi dalam kondisi di bawah *setpoint* 2000 (kering), maka *Solenoid Valve* akan terbuka, maka *Solenoid Valve* akan terbuka dan melakukan penyiraman. Dan *Solenoid Valve* akan tertutup dan

penyiraman berhenti ketika *Capasitive soil moisture censor* membaca nilai kondisi *rockwool setpoint* 1300 (kering) sudah basah / normal.

**Tabel 2.** Delay pengiriman dari aplikasi pada aktuator

| Penyinaran Manual | Penyinaran Otomatis | Penyiraman Manual | Penyiraman Otomatis |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 4 detik           | 7 detik             | 8 detik           | 8 detik             |
| 5 detik           | 9 detik             | 9 detik           | 9 detik             |
| 7 detik           | 5 detik             | 7 detik           | 9 detik             |
| 3 detik           | 9 detik             | 6 detik           | 6 detik             |

Pada tabel 2. Meupakan *delay* ketika aplikasi mengirim nilai 1 pada *firebase* maka aktuator akan aktif. Dan *delay* pada penyinaran manual untuk menyalakan *grow light* terdapat *delay* rata-rata senilai 4,75%. Untuk penyinaran otomatis terdapat *delay* rata-rata 7,5%, untuk penyiraman manual rata-rata 8%, Dan untuk penyiraman otomatis rata-rata senilai 7,5%.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, bahwa *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* dapat kendalikan secara otomatis dan manual. Sistem kontrol otomatis penyiraman akan berjalan jika nilai kurang dari *setpoint* 2000 (kering), atau mencapai *setpoint* 1300 (basah/normal). Sistem kontrol manual penyiraman tidak bergantung pada *capasitive soil moisture censor*, dan sistem kontrol manual penyinaran tidak bergantung pada *RTC*. Aplikasi memberi perintah kepada *firebase* untuk mengubah nilai aktuator yang nantinya akan diambil oleh mikrokontroler ESP32, dan *relay* akan aktif untuk menjalankan aktuator. Keempat aktuator pada masing-masing sistem kontrol dapat berjalan bersamaan maupun sendiri-sendiri. *Delay* pada saat mengaktifkan aktuator dari aplikasi hingga aktuator aktif yaitu kurang dari 10 detik.

**D. Pengujian Perancangan Monitoring Dan Controlling Microgreens Cultivation Dengan Modular System Dapat Dikendalikan Secara Modular**

*Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* dapat dikendalikan secara *modular*, *Modular system* yang dimaksud adalah sistem kontrol penyinaran dan penyiraman terpisah, sehingga mudah ditempatkan atau dibawa dimana saja. Sesuai dengan pengujian yang sudah dilakukan. Ketika pengguna hanya ingin menggunakan sistem kontrol penyinaran, maka tidak perlu menggunakan *box* modul penyiraman, modul *solenoid valve* dan modul *capasitive soil moisture censor*, sehingga mempermudah dan lebih *fleksibel* dalam penggunaannya.



**Gambar 10.** Microgreens cultivation dengan modular system kontrol penyiraman

Dan apabila pengguna hanya ingin menggunakan sistem kontrol penyiraman, maka tidak perlu membawa *box* modul penyinaran. Dengan adanya *modular system*, maka akan mempermudah pengguna ketika melakukan *monitoring* dan *controlling* pada tanaman *microgreens*.



**Gambar 11.** Microgreens cultivation dengan modular system kontrol penyinaran

**E. Pengujian Keseluruhan pada Tanaman Microgreens Kacang Hijau**

**Tabel 3.** Perbandingan Tanaman Microgreens Kacang Hijau Dengan Alat Dan Metode Konvensional

| Hari | Konvensional | Microgreens Cultivation |
|------|--------------|-------------------------|
| 1.   |              |                         |
| 2.   |              |                         |
| 3.   |              |                         |
| 4.   |              |                         |
| 5.   |              |                         |

**Tabel 4.** Perbandingan Ketinggian Sample Kacang Hijau  
**Tinggi Tanaman (Cm)**

| Sample           | Microgreens Cultivation | Konvensional |
|------------------|-------------------------|--------------|
| 1.               | 14                      | 13           |
| 2.               | 12                      | 8            |
| 3.               | 15                      | 18           |
| 4.               | 9                       | 12           |
| 5.               | 17                      | 14           |
| 6.               | 16                      | 16           |
| 7.               | 13                      | 7            |
| 8.               | 15                      | 13           |
| 9.               | 15                      | 16           |
| 10.              | 13                      | 11           |
| <b>Rata-rata</b> | <b>13,9</b>             | <b>12,8</b>  |

Pada tabel 4. merupakan perbandingan sample menggunakan alat dengan metode konvensional. Alat dapat mengontrol pertumbuhan kacang hijau selama 5 hari. Hasil dari rata-rata sampel ketinggian, Menggunakan alat lebih tinggi dengan selisih 1,1 cm dibandingkan dengan metode konvensional, karena penyinaran metode konvensional mengandalkan cahaya matahari yang terkadang bisa gelap karena cuaca mendung. Dan untuk penyiraman pada metode konvensional disiram pada pagi hari sedangkan dengan menggunakan *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* nilai kelembapan bisa terbaca oleh *sensor* dan akan melakukan penyiraman ketika *rockwool* dalam kondisi kering. Dari pengujian yang sudah dilakukan diperoleh penanaman dengan *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* lebih baik daripada penanaman secara konvensional karena faktor penunjang pertumbuhan terkontrol oleh alat.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan pada “*Real-time Monitoring and Optimization of Microgreen Cultivation dengan sistem modular berbasis IoT dan Machine Learning*”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada *Monitoring* dan *Controlling Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* berhasil dibuat dengan jumlah 5 *box* modul, yang terdiri dari *box* modul utama, *box* modul penyiraman, *box* modul *solenoid valve*, *box* modul penyinaran dan *box* modul *sensor*.
2. *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* dapat digunakan untuk menanam 1 jenis tanaman *microgreens* yaitu kacang hijau. Dan dapat digunakan untuk mengontrol variabel pendukung pertumbuhan tanaman secara otomatis maupun manual. Tanaman *microgreens* dapat di *monitoring* dan *controlling* jarak jauh melalui *smartphone* dengan aplikasi. *Delay* pada saat mengaktifkan aktuator

dari aplikasi hingga aktuator aktif yaitu kurang dari 10 detik.

3. *Microgreens Cultivation* dengan *Modular System* mampu digunakan secara modular karena sudah terbentuk dari beberapa *box* modul, sehingga mempermudah pengguna dalam pemakaian dengan tidak perlu membawa keseluruhan modul hanya *box* modul yang ingin digunakan saja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, T. (2022). *Pengendali Media Microgreen Microgreen Media Controllers Iot-Based*. Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Ardi, Ayu, Adi Prastya. (2021). *Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan*. Politeknik Negeri Bali.
- A.E.Hakim, “Rancang Bangun Kendali Perangkat Elektronika Menggunakan Komunikasi Bluetooth Berbasis Arduino Dengan Interface Android,” *JEECAE J. Electr. Electron. Control Automot. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 89–94, May 2017.
- Atmaja, A., Hakim, A., Wibowo, A., & Pratama, L. (2021). *Communication Systems of Smart Agriculture Based on Wireless Sensor Networks in IoT*. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(4), 297-301. doi:<https://doi.org/10.18196/jrc.2495>
- Banjarsari, H. (2022). *Perancangan Sistem Pencahayaan Otomatis Menggunakan ( Real Time Clock ) RTC Berbasis Arduino untuk Tanaman Hidroponik dalam Ruangan*. Universitas Telkom Bandung.
- Banjarnahor, D. (2022). *Rancang Bangun Alat Monitoring Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Nodemcu Berbasis Internet Of Things (Iot)*. Fakultas Teknik Universitas Medan.
- Musthafa, A. (2019). Ponorogo. *Sistem Kontrol Suhu Ruangan dan Penyiraman Tanaman Bawang Merah pada Greenhouse dengan Smartphone*. Universitas Darussalam Gontor.
- Pamungkas, Y. (2021). *Analisis Dan Implementasi Alat Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Microgreen Berbasis Internet of Things (Iot)*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Prof, J. (2021). Aceh .*Pertumbuhan Dan Hasil Microgreens Beberapa Varietas Pakcoy ( Brassica Rapa . L )*. Universitas Samudra.
- Rokhmah, N.A. and Sapriliani, T. (2020). Kota Jakarta Selatan. *Respon Pertumbuhan dan Hasil Panen Microgreens Pakcoy pada Nutrisi dan Media yang Berbeda*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Sari, M. (2019). *Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah*. Politeknik Negeri Medan.
- Smart, R.B. (2021). Bandung. *Rancang Bangun Smart Grow Box Hidroponik Untuk Pertumbuhan Tanaman Microgreen Berbasis Internet of Things*. Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Yudhistira, Djoko. (2020). *Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis*. Universitas Negeri Surabaya.