

OPTIMASI PERTUMBUHAN *MICROGREEN RED RADISH* MELALUI OTOMATISASI PENYIRAMAN, PENYINARAN, DAN PENYESUAIAN SUHU BERBASIS IOT

Tiara Safitrah¹⁾, Dea Ummul Khabibah²⁾, Angga Eben Ezer³⁾, Brilliant Sandynigy Fernando⁴⁾, Edmund Banyu Kauripan⁵⁾, Muchammad Alifandino Satrio⁶⁾, Muhammad Hafizh Maulidan⁷⁾, Nabil Arif A'isy⁸⁾, Faldiena Marcelita⁹⁾, Lathifunnisa Fathonah¹⁰⁾

^{1, 2,3,4,5,6,7,8,9,10)}Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor Jalan Kumbang No.14, RT.02/RW.06, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, JawaBarat 16128
e-mail: tiarasafitrah@apps.ipb.ac.id¹⁾, deaummul@apps.ipb.ac.id²⁾, anggaeben@apps.ipb.ac.id³⁾, brilliantсандynigy@apps.ipb.ac.id⁴⁾, edmundbanyu@apps.ipb.ac.id⁵⁾, malifandino@apps.ipb.ac.id⁶⁾, muhammadhafizhmaulidan@apps.ipb.ac.id⁷⁾, nabilarifaisy@apps.ipb.ac.id⁸⁾, faldiena.m@apps.ipb.ac.id⁹⁾, lathifunnisafathonah@gmail.com¹⁰⁾

ABSTRACT

This research aims to optimize the growth of red radish microgreens through an automation system that integrates irrigation, lighting, and temperature adjustment based on the Internet of Things (IoT). The research method involves the use of WS2812B LED strips as the lighting source for photosynthesis, soil moisture sensors to control irrigation, and DHT22 temperature sensors to adjust the ideal environmental temperature. Data collection combines relevant literature data with direct observations during the red radish microgreen planting process. Data analysis is conducted through descriptive approaches to understand the growth patterns of microgreen plants and correlation analysis to identify relationships between various growth parameters. Additionally, the IoT system's response to changes in environmental conditions is analyzed to evaluate the system's effectiveness in regulating lighting, irrigation, and temperature. The research findings indicate that the IoT-based automation system effectively enhances the growth and quality of red radish microgreens. The automatic implementation of LEDs improves photosynthesis rates, while efficient irrigation systems ensure plants receive adequate water. The temperature automation system maintains optimal growth conditions and reduces the risk of thermal stress. Integrating this system into a website platform also enables remote control and monitoring. This automation system not only increases plant productivity and quality but also reduces maintenance costs and time, demonstrating the significant potential of IoT technology in modern agriculture.

Keywords: Automation System, Growth, Internet of Things, Microgreen, Red Radish.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan microgreen red radish melalui sistem otomatisasi yang mengintegrasikan penyiraman, penyorotan, dan penyesuaian suhu berbasis Internet of Things (IoT). Metode penelitian melibatkan penggunaan LED strip WS2812B sebagai sumber pencahayaan untuk fotosintesis, sensor kelembaban tanah untuk mengontrol penyiraman, dan sensor suhu DHT22 untuk menyesuaikan suhu lingkungan yang ideal. Pengumpulan data dalam penelitian menggabungkan data literatur yang relevan serta pengamatan langsung selama proses penanaman microgreen red radish. Analisis data dilakukan melalui pendekatan deskriptif untuk memahami pola pertumbuhan tanaman microgreen dan analisis korelasi untuk mengidentifikasi hubungan antara berbagai parameter pertumbuhan. Selain itu, respons sistem IoT terhadap perubahan kondisi lingkungan dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mengatur pencahayaan, penyiraman, dan suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi berbasis IoT efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan kualitas microgreen red radish. Penerapan LED secara otomatis meningkatkan laju fotosintesis, sementara sistem penyiraman efisien memastikan tanaman mendapatkan air yang tepat. Sistem otomatisasi suhu menjaga lingkungan pertumbuhan optimal dan mengurangi risiko stres termal. Integrasi sistem ini dalam platform website juga memungkinkan kontrol dan pemantauan secara remote. Sistem otomatisasi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman, tetapi juga mengurangi biaya dan waktu pemeliharaan, menunjukkan potensi besar teknologi IoT dalam pertanian modern.

Kata Kunci: Microgreen, Internet of Things, Pertumbuhan, Sistem Otomatisasi, Red Radish.

I. PENDAHULUAN

JUMLAH penduduk di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Menurut data IMF (*International Monetary Fund*) tercatat bahwa pada 2018, populasi di Indonesia mencapai 264,14 juta jiwa dan diprediksi bahwa pada tahun 2025, Indonesia akan mengalami pertumbuhan penduduk hingga mencapai 281,64 juta jiwa. Dengan meningkatnya jumlah penduduk secara global,

permintaan akan kebutuhan pangan yang berkelanjutan, mudah dijangkau, dan bergizi semakin meningkat secara signifikan.

Permasalahan akan permintaan kebutuhan pangan yang bergizi saat ini menjadi sebuah tantangan. Di era Revolusi Industri Pertanian 4.0 ini, pertanian tidak hanya berkembang di pedesaan, tetapi juga di perkotaan. Pertanian di lingkungan perkotaan kini menjadi tren baru di kalangan masyarakat kota. *Urban farming*, atau pertanian perkotaan, semakin populer

dengan berbagai tujuan, seperti penghijauan dan ketahanan pangan keluarga.

Meskipun *urban farming* menghadapi kendala lahan yang terbatas, hal ini tidak mengurangi antusiasme masyarakat terhadap praktik ini. Salah satu teknik budi daya *urban farming* yang sedang tren adalah *microgreen* [1]. *Microgreen* dapat menjadi salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut [2]. *Microgreen* adalah jenis sayuran dengan kandungan gizi yang tinggi yang memiliki kemiripan dengan kecambah, tetapi tumbuh lebih lama selama beberapa hari, sehingga memiliki daun yang lebih besar dan lebih hijau.

Microgreen termasuk dalam kategori makanan fungsional yang baru dikenal, yaitu produk makanan yang memiliki manfaat kesehatan atau mampu mencegah penyakit tertentu di samping nilai nutrisi biasanya. Permintaan untuk produk-produk ini sedang meningkat dengan cepat karena *microgreen* telah terbukti memiliki konsentrasi senyawa aktif yang lebih tinggi daripada tanaman dewasa atau bijinya [3].

Salah satu kelebihan budi daya *microgreen* adalah waktu panen sayurannya yang sangat singkat. Praktiknya pun sangat mudah, sehingga cocok untuk pemula yang ingin mencoba hal baru dalam berkebun. Selain itu, budi daya ini tidak memerlukan ruang yang luas dan menggunakan peralatan yang sangat sederhana [4]. Tanaman *microgreen* optimal ditanam pada suhu lingkungan antara 19 hingga 27 °C, tergantung pada jenis tanamannya. Idealnya, proses pertumbuhan *microgreen* dilakukan di lingkungan dengan kelembapan udara sekitar 40% hingga 60%. Pada sistem tanam hidroponik, penyiraman yang paling baik dilakukan dengan mengalirkan air secara langsung ke akar tanaman (*bottom watering*). Metode penyiraman ini menjaga agar batang dan daun *microgreen* tetap kering, sehingga membantu mencegah penyakit [5].

Hal yang harus diperhatikan dalam pertumbuhan *microgreen* meliputi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, pencahayaan, dan sistem pengairan. Semua faktor ini perlu dijaga dengan baik agar pertumbuhan *microgreen* dapat dipercepat dan hasil panen yang dihasilkan memiliki kualitas terbaik [6].

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang sistem otomatisasi pencahayaan fotosintesis dengan LED, penyiraman, dan penyesuaian suhu untuk memantau pertumbuhan *microgreen*. Sistem yang dibuat juga dapat melakukan pemantauan (*monitoring*) jarak jauh menggunakan *website*. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengembangkan sistem otomatisasi yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan kualitas *microgreen* meningkatkan hasil panen dan efisiensi budi daya *microgreen*.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. *Microgreen*

Microgreen adalah tanaman muda yang dapat dimakan, memiliki tekstur lembut, dan berasal dari berbagai jenis biji tanaman, termasuk sayuran, tanaman herbal aromatik, dan tanaman liar yang bisa dimakan. Masa panen *microgreen* biasanya terjadi antara 7 hingga 21 hari setelah perkecambahan, ketika kotiledonnya telah terbuka dan daun pertamanya mulai tumbuh sepenuhnya. Proses pemanenan *microgreen* dilakukan dengan memotong tanaman tersebut di atas permukaan media tumbuhnya, dengan panjang sekitar 3-9 cm dan tanpa akar [7].

Microgreen mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti alkaloid, antosianin, karotenoid, flavonoid, isoflavon, lignan, monoterpen, organosulfida, asam fenolat, dan saponin. Senyawa-senyawa fitokimia ini memiliki kemampuan sebagai antioksidan yang efektif dalam melawan radikal bebas [8]. *Microgreen* memiliki nilai nutrisi dan rasa yang lebih baik daripada kecambah. Salah satu keuntungan perawatan *microgreen* adalah tidak memerlukan lahan yang besar dan memiliki masa panen yang cepat [2].

B. Lobak Merah (*Red Radish*)

Lobak, juga dikenal sebagai *Raphanus sativus*, adalah tanaman sayuran umbi yang berasal dari keluarga kubis-kubisan. Tanaman ini memiliki bentuk rumput atau perdu dan termasuk dalam kategori umbi akar. Lobak memiliki beragam manfaat, termasuk sebagai sumber serat yang berguna bagi industri tekstil dan pembuatan kertas. Kandungan serat yang tinggi membuat lobak menjadi bahan yang berharga bagi industri tekstil dan kertas serta dapat dimanfaatkan secara luas [9].

Lobak memiliki beberapa jenis seperti lobak merah, lobak hijau, lobak hitam, dan lobak putih. Lobak merah (*red radish*) memiliki rasa yang sedikit pedas, sayur lobak merah mikro (*red radish microgreens*) ini mampu meningkatkan kompleksitas rasa dari suatu masakan. Selain itu, lobak merah mengandung banyak antioksidan yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas, serta dapat membantu mencegah berbagai penyakit kronis seperti kanker, penyakit jantung, dan lainnya.

C. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang objeknya dapat berkomunikasi melalui jaringan tanpa interaksi langsung manusia, baik antar manusia maupun antara manusia dengan sistem seperti komputer atau kontroler. Dengan IoT, sistem dapat beroperasi secara luas dan memiliki jangkauan yang luas, serta dapat melakukan pengolahan dan analisis data dengan lebih efisien [10].

Untuk terhubung dengan internet, setiap perangkat memerlukan alamat *Internet Protocol (IP)* sebagai identitas dalam jaringan. Alamat IP memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi dalam jaringan

yang sama, sebelum akhirnya terhubung ke internet. *Internet of Things* (IoT) bekerja dengan menggunakan perintah pemrograman yang dapat dipahami oleh perangkat lain secara otomatis, tanpa intervensi pengguna, bahkan dari jarak jauh sekalipun [11].

D. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler *System on Chip* (SoC) yang terintegrasi dengan fitur WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai periferan lainnya. Chip ini menggunakan mikroprosesor 32 bit Xtensa LX6 dual-core. Memori yang tersedia termasuk 448 kB ROM, 520 kB SRAM, dua 8kB RTC memory, dan flash memory sebesar 4MB, dengan ruang alamat untuk data dan instruksi sebesar 4 GB dan ruang alamat periferan sebesar 512 kB. ESP32 memiliki 18 pin ADC (12-bit), empat SPI, dan dua I2C [12].

E. Sensor LDR

Light Dependent Resistor (LDR) adalah jenis resistor yang mengalami perubahan nilai hambatannya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Ketika cahaya redup, hambatan LDR meningkat, sedangkan saat terkena cahaya terang, hambatannya menurun. LDR sering digunakan sebagai sensor cahaya atau untuk mengukur tingkat intensitas cahaya. Komponen ini terdiri dari sebuah cakram semikonduktor dengan dua elektroda di permukaannya [13].

F. Sensor Soil Moisture

Sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi kadar kelembaban dalam tanah. Meskipun sederhana, sensor ini sangat cocok untuk pemantauan keadaan taman kota atau tingkat kelembaban tanaman di halaman. Sensor ini terdiri dari dua *probe* yang digunakan untuk mengalirkan arus melalui tanah. Kemudian, nilai resistansi dibaca untuk menentukan tingkat kelembaban.

Tanah yang lebih basah memiliki kemampuan hantaran listrik yang lebih tinggi (resistansi rendah), sementara tanah yang kering memiliki kemampuan hantaran listrik yang lebih rendah (resistansi tinggi). Penggunaan sensor ini sangat berguna untuk memantau kelembaban tanah dan memberikan peringatan jika tingkat kelembaban berada pada level yang perlu diawasi untuk tanaman [14].

G. Sensor Suhu DHT22

DHT22 merupakan sensor yang mengukur suhu dan kelembaban relatif dengan output berupa sinyal digital. Sensor ini memiliki 4 pin, yaitu *power supply*, *data signal*, *null*, dan *ground*. DHT22 menawarkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan DHT11, dengan kesalahan relatif pengukuran suhu sebesar 4% dan

kelembaban sebesar 18% [15].

DHT22 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur lingkungan sekitarnya dan mengirimkan sinyal melalui pin data. Sensor ini dikenal memiliki kualitas pembacaan yang baik karena respon proses akuisisi data yang cepat, ukurannya yang kecil, dan harganya yang terjangkau jika dibandingkan dengan alat *thermohygrometer* [16].

H. Sensor Ultrasonik

HC-SR04 adalah sensor ultrasonik yang berguna untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di sekitarnya. Sensor ini memiliki empat pin yang terdiri dari VCC, *Trigger*, *Echo*, dan *Ground* [17]. Sensor Ultrasonik HC-SR04 menghasilkan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40.000 Hz yang bergerak melalui udara. Ketika gelombang ini bertemu dengan suatu objek atau halangan dalam jarak pancaran, gelombang ultrasonik tersebut akan dipantulkan kembali ke modul sensor [18].

I. Sensor Temperatur Air (DS18B20)

DS18B20 adalah sensor suhu digital dengan mode *one wire* yang hanya menggunakan satu pin untuk komunikasi data. Setiap sensor DS18B20 memiliki nomor seri unik 64-bit yang memungkinkan penggunaan banyak sensor pada satu bus daya yang sama (dengan banyak sensor terhubung ke GPIO yang sama). Fitur ini sangat berguna untuk merekam data pada proyek pengaturan suhu [19].

III. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan dalam penelitian ini terbagi menjadi *software* dan *hardware*, berikut adalah daftar *software* dan *hardware* yang diperlukan dalam pengembangan alat otomatisasi pencahayaan fotosintesis dengan LED, penyiraman, dan penyesuaian suhu untuk memantau pertumbuhan *microgreen*.

TABEL I
DAFTAR SOFTWARE YANG DIGUNAKAN

| Nama Software | Fungsi |
|--------------------|--|
| Fusion 360 | Digunakan untuk membuat 3D desain produk mulai dari konsep awal hingga rancangan akhir. Hal ini mencakup desain produk fisik, komponen, perakitan, dan simulasi. |
| Arduino IDE | Digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke papan mikrokontroler. |
| Visual Studio Code | Digunakan sebagai editor kode dalam mengembangkan web untuk alat yang dibangun agar dapat dipantau dari jauh. |
| Fritzing | Digunakan untuk merancang, memodelkan, dan memvisualisasikan prototipe elektronik. |
| Autodesk Eagle | Digunakan untuk pembuatan skema jalur rangkaian elektronika dan rancangan dalam PCB. |

Tabel I menjelaskan daftar *software* yang digunakan

dalam proyek ini, masing-masing dengan fungsi spesifik. Fusion 360 digunakan untuk merancang desain 3D produk, mulai dari konsep hingga simulasi akhir. Arduino IDE berfungsi untuk menulis dan mengunggah program ke papan mikrokontroler, sementara Visual Studio Code menjadi editor kode dalam pengembangan web guna memantau data sensor dari jarak jauh. Fritzing digunakan untuk merancang dan memvisualisasikan prototipe elektronik, dan Autodesk Eagle digunakan dalam pembuatan skema jalur rangkaian elektronik dan PCB.

TABEL II
DAFTAR *HARDWARE* YANG DIGUNAKAN

| Komponen | Spesifikasi Minimum | Spesifikasi Digunakan |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Solenoid 1/2" | 4 buah | 4 buah |
| Kabel AWG 20 | 50 meter | 50 meter |
| ESP32 | 1 buah | 1 buah |
| ESP32 <i>Expansion Board</i> | 1 buah | 1 buah |
| Pipa 1/2" AW | 12 meter | 12 meter |
| Tee Pipa 1/2" AW | 5 buah | 5 buah |
| Knee Pipa 1/2" AW | 5 buah | 5 buah |
| Dop Pipa 1/2" AW | 2 buah | 2 buah |
| Lem Pipa | 1 buah | 1 buah |
| Sok Drat dalam Solenoid to PVC 1/2" | 8 buah | 8 buah |
| LED <i>Strip</i> WS2812B | 5 meter | 5 meter |
| <i>Step Down</i> AMS 3.3V DC | 3 buah | 3 buah |
| <i>Breadboard Full Size</i> | 1 buah | 1 buah |
| Sensor <i>Soil Moisture</i> | 4 buah | 4 buah |
| Timah | 1 buah | 1 buah |
| Lotfel KCL | 2 buah | 2 buah |
| Jerigen 5L | 2 buah | 2 buah |
| <i>Adaptor</i> 12V | 1 buah | 1 buah |
| <i>Jack Female</i> | 4 buah | 4 buah |
| Paket <i>Jumper</i> 30cm | 6 buah | 6 buah |
| <i>Drip</i> tetes irigasi tanaman | 24 buah | 24 buah |
| <i>Tray microgreen</i> | 12 Buah | 12 Buah |
| Benih <i>red radish</i> | 100 gram | 100 gram |
| <i>Rockwool</i> | 1 <i>slab</i> | 1 <i>slab</i> |

Tabel II menjelaskan perangkat keras yang digunakan dalam proyek ini beserta spesifikasinya. Setiap komponen memenuhi kebutuhan minimum yang diperlukan yang menunjukkan konsistensi antara spesifikasi minimum dan spesifikasi yang digunakan. Hal ini mencakup berbagai komponen elektronik, irigasi, serta media tanam yang mendukung otomatisasi dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek.

B. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatisasi yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk mengontrol pencahayaan, penyiraman, dan suhu lingkungan secara otomatis guna memantau pertumbuhan *microgreen*. Pengumpulan data untuk penelitian ini menggabungkan data sekunder dari literatur yang relevan dengan pertumbuhan *microgreen*, serta data penelitian langsung yang diperoleh selama proses penanaman *microgreen*. Dalam pengumpulan data, digunakan juga sensor IoT yang akan mengukur parameter seperti intensitas cahaya, kelembaban tanah dan suhu, agar memberikan informasi secara *real-time* terkait

parameter yang diukur.

Teknik analisis data yang diterapkan mencakup beberapa pendekatan untuk menghasilkan hasil yang akurat dan menyeluruh. Pertama, analisis deskriptif yang diimplementasikan untuk memahami pola pertumbuhan *microgreen* sepanjang waktu, melalui penggunaan perhitungan statistik sederhana seperti rata-rata dari parameter yang diamati, meliputi tinggi tanaman, kelembaban tanah, suhu, dan intensitas cahaya.

Analisis selanjutnya adalah analisis korelasi yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara berbagai parameter pertumbuhan, memungkinkan penilaian tentang bagaimana perubahan dalam satu parameter dapat mempengaruhi parameter lain. Selanjutnya analisis respons IoT yang menjadi komponen kritis dari studi, dengan peninjauan terhadap bagaimana sistem IoT merespons terhadap perubahan kondisi lingkungan dan pertumbuhan tanaman, serta identifikasi pola perilaku perangkat dalam mengatur kondisi seperti pencahayaan, penyiraman, dan suhu.

C. Prosedur Kerja

1) Analisis Kebutuhan

Proses inisiasi penelitian dimulai dengan tahap identifikasi kebutuhan yang komprehensif terkait sistem otomatisasi yang terfokus pada pencahayaan, penyiraman, dan pengaturan suhu dalam konteks pertumbuhan *microgreen*. Pendekatan ini mempertimbangkan faktor-faktor penting yang memengaruhi kinerja optimal tanaman, serta memungkinkan penentuan parameter desain yang tepat. Langkah selanjutnya melibatkan penelusuran dan analisis literatur dan riset terkait dalam bidang budi daya *microgreen*, yang bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang tren terkini dan praktik terbaik yang ada.

2) Perencanaan

Dalam tahap perencanaan, dilakukan penentuan spesifikasi teknis untuk sistem otomatisasi yang akan diimplementasikan. Proses ini melibatkan analisis mendalam untuk menentukan jenis dan jumlah LED, sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan kontroler yang diperlukan guna memastikan kinerja optimal dalam mengatur pencahayaan, penyiraman, dan pengaturan suhu dalam budi daya *microgreen*. Selain itu diperhatikan juga pemilihan bahan untuk alat yang dibuat. Kerangka alat dibuat dengan besi yang dibuat menjadi rak, yang setiap sisinya dilapisi dengan papan lapis setebal 5 mm. Salah satu yang menjadi pertimbangannya adalah untuk mengurangi beban alat tersebut. Jika pelapis sisinya tetap memakai besi, alat akan semakin berat dan mempersulit mobilitas alat.

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi platform IoT yang paling sesuai untuk mengintegrasikan sensor dan kontroler yang telah

ditentukan sebelumnya, sehingga dapat tercipta interoperabilitas dan keterhubungan yang optimal antar komponen sistem. Rencana penempatan sensor dan perangkat otomatisasi juga dirancang dengan teliti. Perhitungan estimasi biaya dan sumber daya yang diperlukan untuk implementasi sistem juga dilakukan dengan seksama. Hal ini mencakup biaya perangkat keras, biaya instalasi, serta biaya operasional dan pemeliharaan jangka panjang.

3) *Perancangan Perangkat*

Proses lanjutan dari perencanaan melibatkan pembuatan sebuah diagram alir atau *flowchart* yang merangkum sistem otomatisasi meliputi proses pencahayaan, penyiraman, dan pengaturan suhu yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan optimal *microgreen*. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem otomatisasi secara mendetail yang meliputi pembuatan prototipe untuk perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan.

Setiap aspek dari sistem dipertimbangkan dengan cermat untuk memastikan konsistensi dan keselarasan di antara keduanya. Selanjutnya, fokus ditempatkan pada pengembangan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk mengendalikan aspek-aspek penting seperti pencahayaan, penyiraman, dan pengaturan suhu berdasarkan data sensor yang terkumpul.

4) *Implementasi*

Dalam fase implementasi, dilakukan konfigurasi perangkat lunak yang telah dikembangkan sebelumnya, serta integrasi dengan platform IoT yang dipilih agar dapat beroperasi secara terhubung dan terkoordinasi dengan baik.

5) *Evaluasi*

Tahap selanjutnya adalah melakukan uji coba sistem otomatisasi secara bertahap, dimulai dari komponen-komponen individual hingga keseluruhan sistem, dan melakukan penyesuaian jika diperlukan berdasarkan hasil evaluasi dari uji coba tersebut.

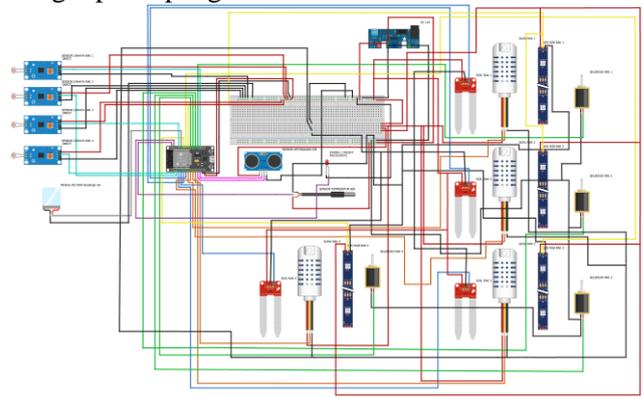
6) *Pemeliharaan*

Dalam tahap pemeliharaan, direncanakan jadwal pemeliharaan rutin guna memastikan kinerja optimal dari sistem otomatisasi yang telah diimplementasikan. Secara berkala juga akan dilakukan pemantauan dan pengevaluasian kinerja sistem untuk mengidentifikasi potensi masalah atau perubahan yang memerlukan perhatian. Setiap tindakan perbaikan dan perubahan yang dilakukan pada sistem akan didokumentasikan secara rinci untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas dalam proses pemeliharaan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

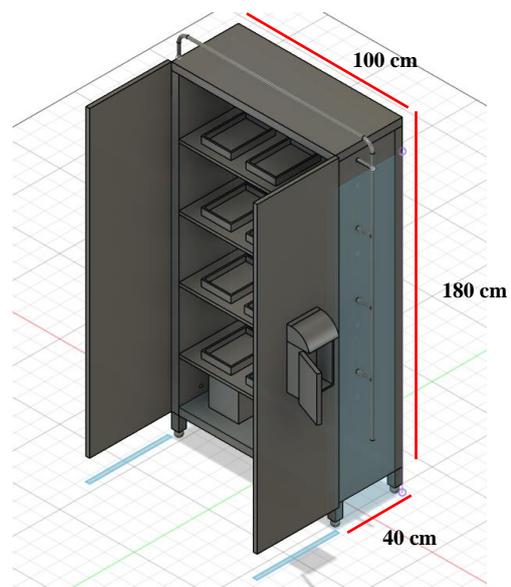
A. Hasil Perancangan Alat

Dalam tahap perancangan perangkat dihasilkan sekmatik rangkaian dan desain 3D alat seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Gambar 1 menunjukkan skema rangkaian dari alat yang akan dibuat. Alat ini dibuat dengan berbagai sensor dan modul yang dihubungkan secara sistematis untuk mendukung otomatisasi. Sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban udara, sementara sensor *soil moisture* berfungsi mengukur kelembaban *rockwool*. Semua sensor dan aktuator terhubung ke mikrokontroler ESP32, yang berperan sebagai pusat pengendalian sistem



Gambar 1. Skematik rangkaian

Selain itu, rangkaian ini juga mencakup LED WS2812B yang spektrum warnanya akan disesuaikan dengan kebutuhan *microgreen red radish*. Modul pendukung seperti *step-down regulator* dan *breadboard* berfungsi sebagai platform untuk distribusi daya dan simulasi perakitan komponen, yang memungkinkan pengoperasian sistem secara optimal dalam pemantauan dan pengaturan otomatis.



Gambar 2. Desain 3D alat beserta ukurannya

Pada Gambar 2 terlihat desain alat yang dibangun memiliki tinggi 180 cm dengan panjang 100 cm dan lebar 40 cm. Alat ini disusun menjadi lima tingkat, dengan empat tingkat pertama yang berfungsi untuk penanaman *microgreen*, sementara tingkat terakhir digunakan sebagai tempat penampungan air. Pada bagian depan, terdapat *panel box* yang berfungsi untuk menempatkan rangkaian elektronika pendukung alat.

B. Hasil Pembuatan Alat

Pada Gambar 3 menunjukkan alat dengan sistem otomatisasi yang telah dirancang dan dikembangkan untuk mendukung pertumbuhan *microgreen*. Sistem ini terdiri dari pencahayaan LED, penyiraman otomatis, dan penyesuaian suhu yang terintegrasi dengan *website* untuk pemantauan secara jarak jauh.



Gambar 3. Hasil pembuatan alat

Setiap tingkat dilengkapi dengan sensor dan modul untuk mengoptimalkan kondisi pertumbuhan *microgreen*. Sensor *soil moisture* digunakan untuk mengukur kelembaban media tanam sehingga memastikan tanaman mendapatkan jumlah air yang tepat. Sensor suhu DHT22 untuk memantau suhu lingkungan. Modul LDR yang melengkapi alat ini digunakan untuk mendeteksi apakah LED sedang menyala atau tidak untuk memastikan pencahayaan yang diperlukan untuk fotosintesis *microgreen*. LED WS2812B digunakan sebagai sumber cahaya yang memberikan spektrum cahaya untuk kebutuhan fotosintesis dengan besaran spektrum cahaya yang digunakan adalah 600 nm, sementara katup solenoid berfungsi untuk membuka dan menutup jalur air menuju media tanam.

Pada tingkat paling bawah, terdapat berbagai alat dan sensor tambahan untuk memastikan kondisi air yang optimal. Sensor DS18B20 atau sensor temperatur air berfungsi untuk mendeteksi suhu air, sehingga sistem dapat memastikan air yang dialirkan berada pada suhu optimal untuk pertumbuhan *microgreen*. Sensor ultrasonik dalam sistem berfungsi untuk mengukur ketinggian air. Sensor ini akan memastikan level air di tangki cukup untuk kebutuhan sistem. Pompa Synleader

dengan tenaga sebesar 130 psi atau kemampuan memompa 10-12 liter per menit, digunakan untuk memompa air dari tangki menuju pipa distribusi.

Alat ini juga dilengkapi dengan sistem pendingin air untuk memastikan air yang didistribusikan tetap berada pada suhu optimal, yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik varietas *microgreen* yang ditanam. Metode ini disebut dengan *zone cooling*, yaitu metode pendinginan terbatas pada daerah perakaran tanaman. Dengan menggunakan kerangka dan sistem otomatisasi ini, pertumbuhan *microgreen* dapat dipantau dan dikendalikan secara efisien serta memastikan kondisi lingkungan yang optimal untuk setiap fase pertumbuhan *microgreen*.

C. Hasil Data Sensor

Berikut adalah data sensor saat pemantauan *microgreen red radish* selama 7 hari yang terdiri atas suhu lingkungan, kelembapan udara, suhu air, kelembapan media tanam, level air, dan status sensor cahaya.

TABEL II
DATA SENSOR

| Hari | Suhu Lingkungan (°C) | Kelembapan Udara | Suhu Air (°C) | Kelembapan Media Tanam | Water Level | Sensor Cahaya |
|------|----------------------|------------------|---------------|------------------------|-------------|---------------|
| 0 | 24,8 | 68,3% | 25 | 2428 | 75% | OFF |
| 1 | 25,1 | 65,8% | 23 | 2875 | 75% | OFF |
| 2 | 25,4 | 65,3% | 22 | 3163 | 75% | OFF |
| 3 | 26,5 | 64,6% | 23 | 3368 | 50% | ON |
| 4 | 26,9 | 66,4% | 24 | 2760 | 50% | ON |
| 5 | 27,1 | 65,5% | 22 | 3002 | 50% | ON |
| 6 | 27,3 | 64,1% | 23 | 3207 | 25% | ON |

Pada hari pertama semai, suhu lingkungan berada pada 24,8 °C dengan kelembapan udara tinggi sebesar 68,3%. Suhu air stabil di 25 °C dan kelembapan media cukup tinggi di 2428, dengan level air dalam tangki sebesar 75%. Sensor cahaya dalam keadaan mati. Pada hari kedua, suhu lingkungan sedikit meningkat menjadi 25,1 °C sementara kelembapan udara menurun sedikit menjadi 65,8%. Suhu air menurun ke 23 °C dan kelembapan media meningkat menjadi 2875, menunjukkan penyerapan air oleh tanaman.

Peningkatan suhu lingkungan terus berlanjut pada hari ketiga dan keempat, mencapai 25,4 °C dan 26,5 °C dengan kelembapan udara yang menurun secara bertahap. Kelembapan media juga terus meningkat, mencapai 3163 pada hari ketiga dan 3368 pada hari keempat, mengindikasikan penyerapan air yang lebih besar. Level air dalam tangki menurun hingga 50% pada hari ketiga karena penggunaan air untuk penyiraman, dan sensor cahaya mulai menyala untuk memberikan pencahayaan tambahan. Pada hari kelima, suhu lingkungan dan kelembapan udara sedikit meningkat, mencapai 27,1 °C dan 65,5% dengan kelembapan media kembali naik menjadi 3002 setelah penyiraman tambahan. Level air tetap stabil di 50% dan sensor cahaya masih aktif.

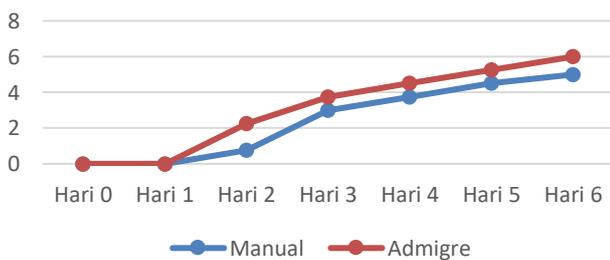
Pada hari keenam, suhu lingkungan terus meningkat menjadi 27,4 °C dan kelembapan udara menurun ke 64,1%. Kelembapan media mencapai 3207, menunjukkan penyerapan air oleh tanaman. Level air dalam tangki menurun signifikan hingga 25%, kemungkinan besar karena penggunaan air untuk penyiraman. Sensor cahaya tetap menyala untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa mekanisme penyiraman dan pencahayaan otomatis memainkan peran penting dalam mempertahankan kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman *microgreen red radish*.

D. Hasil Penanaman Microgreen Red Radish

Pada pengujian ini, dilakukan juga penanaman manual tanpa memperhatikan parameter lingkungan seperti kelembapan media tanam, suhu lingkungan, dan intensitas cahaya untuk menilai keefektifan penanaman dengan alat otomatisasi. Pengujian ini dilakukan dengan jumlah berat benih dan kondisi media tanam yang sama. Berat benih *red radish* yang digunakan sebanyak 20 gram dengan ukuran media tanam 24,5 cm x 21 cm x 1,5 cm.

Hasil penanaman menunjukkan bahwa penanaman *microgreen red radish* secara otomatis lebih optimal bila dibandingkan dengan penanaman manual. Hal ini dikarenakan dengan sistem otomatisasi, pertumbuhan *microgreen* akan disesuaikan dengan kebutuhannya. Saat penanaman manual, akan sulit untuk menyesuaikan kebutuhan pertumbuhan *microgreen*, seperti kebutuhan akan cahaya matahari yang bergantung pada cuaca.

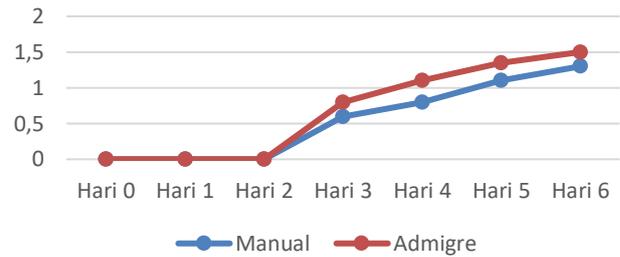
Perbandingan rata-rata pertumbuhan tinggi batang *microgreen red radish* (cm/hari)



Gambar 4. Grafik perbandingan rata-rata pertumbuhan tinggi batang

Grafik menunjukkan bahwa metode penanaman secara otomatis menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan penanaman manual. Pada penanaman manual, rata-rata tinggi batang mencapai 3,4 cm/hari, sementara dengan alat otomatis rata-rata tinggi batang meningkat menjadi 4,35 cm/hari. Hal ini berarti alat otomatis memberikan pertumbuhan batang yang lebih tinggi sekitar 0,95 cm atau 27,94% lebih tinggi dibandingkan metode manual.

Perbandingan rata-rata pertumbuhan lebar daun *microgreen red radish* (cm/hari)

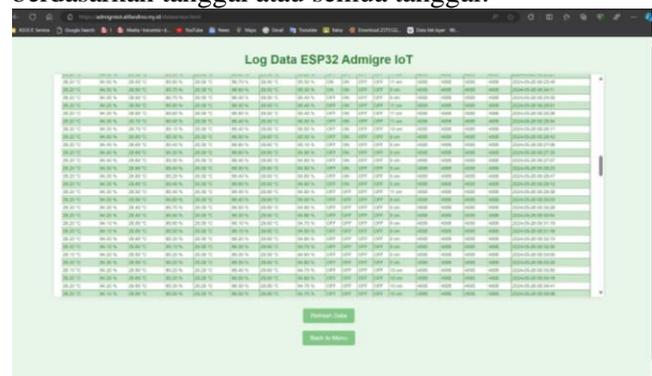


Gambar 5. Grafik perbandingan rata-rata pertumbuhan lebar daun

Rata-rata lebar daun pada penanaman manual adalah 0,95 cm/hari, sedangkan pada penanaman otomatis mencapai 1,1875 cm/hari. Perbedaan ini menunjukkan bahwa lebar daun pada metode otomatis 0,2375 cm atau 25% lebih lebar dibandingkan dengan penanaman manual. Secara keseluruhan, metode penanaman dengan alat otomatis menunjukkan keunggulan dalam meningkatkan pertumbuhan *microgreen red radish* baik pada tinggi batang maupun lebar daun dibandingkan dengan metode penanaman manual.

E. Hasil Integrasi dengan Website

Gambar dibawah menampilkan halaman web yang menampilkan log data dari sistem ESP32. Tabel ini mencatat berbagai parameter lingkungan dan operasional yang diperbarui setiap 30 detik dari alat menuju ke log data ini. Data ini dapat di-refresh untuk memastikan apakah ada pembaruan data baru atau tidak. Pengguna juga memiliki opsi untuk melihat berdasarkan tanggal atau semua tanggal.



Gambar 6. Hasil integrasi dengan platform website

Tabel tersebut mencantumkan parameter seperti suhu dan kelembapan dari beberapa titik pengukuran (*Temperature 1, Humidity 1, Temperature 2, Humidity 2*, dan seterusnya hingga *Temperature 4 dan Humidity 4*), status beberapa lampu (*Light 1, Light 2, Light 3, Light 4*) yang dinyatakan dalam status *ON/OFF*, jarak (*Distance*) yang diukur dalam sentimeter, dan kelembapan tanah (*Moisture*) yang diukur pada beberapa titik. Setiap baris dalam tabel ini juga

dilengkapi dengan *timestamp* yang menunjukkan waktu pencatatan data.

Data yang ditampilkan memberikan gambaran lengkap tentang kondisi lingkungan dan operasional perangkat IoT. Tabel ini berguna untuk memantau dan menganalisis kondisi lingkungan serta kinerja sistem otomatisasi dalam merawat tanaman. Pengguna dapat melihat perubahan kondisi dari waktu ke waktu, dan memastikan semua parameter berada dalam rentang yang diinginkan, serta melakukan penyesuaian jika diperlukan.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pencahayaan fotosintesis menggunakan LED yang dirancang dalam penelitian ini terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan kualitas *microgreen red radish*. Penggunaan LED yang diatur secara otomatis memberikan pencahayaan yang optimal bagi tanaman, yang berkontribusi pada peningkatan laju fotosintesis dan kualitas hasil panen.
2. Sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan mampu mengatur kebutuhan air tanaman *microgreen red radish* secara efisien. Sistem ini memastikan bahwa tanaman menerima jumlah air yang tepat sesuai dengan kebutuhannya, sehingga pertumbuhan tanaman dapat dioptimalkan tanpa pemborosan air.
3. Berhasil mengembangkan sistem yang dapat mengatur dan memantau suhu lingkungan pertumbuhan *microgreen* khususnya *red radish* secara otomatis. Sistem ini menjaga suhu pada tingkat optimal yang mendukung pertumbuhan tanaman, mengurangi risiko stres termal, dan meningkatkan kualitas tanaman.
4. Sistem otomatisasi berhasil diintegrasikan dalam platform *website*. Integrasi ini memungkinkan pengguna untuk pemantauan lingkungan pertumbuhan dan meningkatkan kemudahan dalam manajemen budi daya *microgreen red radish*.
5. Evaluasi yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem otomatisasi yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan hasil panen dan efisiensi budi daya *microgreen red radish*.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Integrasi kamera ke dalam sistem Admigre untuk memberikan fitur pemantauan visual yang lebih lengkap.
2. Penambahan fitur alarm ke dalam platform *website* Admigre. Fitur ini akan menginformasikan

pengguna tentang perubahan yang signifikan dalam kondisi tanaman *microgreen*, seperti suhu air yang tidak optimal, kelembapan media tanam yang tidak sesuai, atau kondisi lainnya yang memerlukan perhatian segera.

3. Eksplorasi spektrum LED yang lebih spesifik dan pengaruhnya terhadap berbagai tahap pertumbuhan *microgreen* untuk menemukan kombinasi pencahayaan yang paling efisien dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. Rafiqah dan F. D. Rahmayanti, "Trend Pengembangan Microgreen Sebagai Sistem Pertanian Urban Dan Pemasarannya," *Mimb. Agribisnis J. Pemikir. Masy. Ilm. Berwawasan Agribisnis*, vol. 8, no. 2, hal. 700, 2022, doi: 10.25157/ma.v8i2.7197.
- [2] S. Saputra, A. Jaenul, dan A. Olivia, "Prototype Sistem Monitoring dan Controlling Budidaya Microgreen dengan Menggunakan Website Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Media Elektro*, vol. XI, no. 2, hal. 178–188, 2022, doi: 10.35508/jme.v0i0.8279.
- [3] J. Dagmar, L. Štočková, dan Z. Stehno, "Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens," *Acta Agric. Slov.*, vol. 95, no. 2, hal. 157–162, 2010, doi: 10.2478/v10014-010-0012-2.
- [4] J. Hong dan N. S. Gruda, "The potential of introduction of asian vegetables in Europe," *Horticulturae*, vol. 6, no. 3, hal. 1–25, 2020, doi: 10.3390/horticulturae6030038.
- [5] N. A. Tamilselvi and T. Arumugam, "Microgreens – a multi-mineral dan nutrient rich food," *Chron. Horticult.*, vol. 58, no. 1, hal. 14–19, 2018.
- [6] R. H. Hilmy, R. Susana, dan F. Hadiatna, "Rancang Bangun Smart Grow Box Hidroponik Untuk Pertumbuhan Tanaman Microgreen Berbasis Internet of Things," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, hal. 41, 2021, doi: 10.30591/polektron.v10i2.2579.
- [7] M. A. Salim, *Budidaya Microgreens : Sayuran Kecil Kaya Nutrisi dan Menyehatkan*. 2019.
- [8] A. V. Candra Kusumah dan R. Nurjismi, "Review: Potensi Microgreens Meningkatkan Kesehatan Lansia Di Masa Pandemi," *J. Ilm. Respati*, vol. 12, no. 1, hal. 1–10, 2021, doi: 10.52643/jir.v12i1.1404.
- [9] D. Arnanto, L. Hanggara Putra, Y. Sunaryo, dan B. Santoso, "Pengaruh Jenis Tanah Dan Konsentrasi Asap Cair Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Lobak Putih Dan Merah," *VIABEL J. Ilm. Ilmu-Ilmu Pertan.*, vol. 17, no. 1, hal. 42–47, 2023, doi: 10.35457/viabel.v17i1.2786.
- [10] A. Abdullah, C. Cholish, dan M. Zainul haq, "Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Pergerakan Kamera," *J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, hal. 86, 2021, doi: 10.22373/crc.v5i1.8497.
- [11] W. Ilham dan N. Fajri, "Penentuan Jumlah Produksi Tahu Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Ukm Abadi Berbasis Web," *J. Digit.*, vol. 10, no. 1, hal. 71, 2020, doi: 10.51920/jd.v10i1.158.

- [12] A. Wagyuana, "Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 8, no. 2, hal. 238, 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6561.
- [13] D. Aribowo, G. Priyogi, S. Islam, P. T. Elektro, U. Sultan, dan A. Tirtayasa, "Aplikasi Sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk Efisiensi Energi pada Lampu Penerangan," vol. 9, no. 1, 2022.
- [14] Anggara Tri Bayu, Rohmah Mimin Fatchiyatur, dan Sugianto, "Sistem Pengukur Kelembapan Tanah Pertanian Dan Penyiraman Otomatis Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Sist. Pengukur Kelembapan Tanah Pertan. Dan Penyiraman Otomatis Berbas. Internet Things*, hal. 1–8, 2018.
- [15] H. I. Islam *dkk.*, "Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (Pir)," vol. V, no. Lcd, hal. SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124, 2016, doi: 10.21009/0305020123.
- [16] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, dan H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 1, hal. 40, 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.
- [17] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, dan A. Janrafsasih, "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak," *J. Tera*, vol. 2, no. 2, hal. 55–62, 2022.
- [18] P. S. F. Yudha dan R. A. Sani, "Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino," *J. Einstein*, vol. 5, no. 3, hal. 19–26, 2017.
- [19] R. N. Ikhsan dan N. Syafitri, "Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias," *Pros. Semin. Nas. Energi, Telekomun. dan Otomasi*, vol. 1, no. 1, hal. 18–26, 2021.