

CLIMAHARMONY: INTEGRASI PINTAR KONTROL SUHU DAN KELEMBABAN DALAM GREEN HOUSE UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN BERBASIS WEMOS ESP8266

Sahabman Tua P. Naibaho^{1*}, Eva Diah Zanuarini², Wanda Antika Sari³, Ulil Ulya Fadlilah⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Tunas Garuda

Kota Budaya Uluhan Nughik, Panaragan Jaya, Tulang Bawang Barat

*Corresponding author: hab@ptg.ac.id

Abstract

This research aims to develop an effective automatic control system for managing temperature and humidity within a greenhouse to support sustainable agriculture. The system utilizes the Wemos ESP8266 microcontroller as the central control unit, responsible for monitoring and regulating environmental conditions in real-time. The DHT22 sensor is used to measure temperature and humidity, while the actuators consist of fans, exhaust fans, and misting nozzles. The ergonomically designed greenhouse, measuring 3m x 2m, is equipped with four fans and four nozzles to control temperature and humidity. It also features UV-coated walls that allow light to penetrate while protecting plants from pests. The Climaharmony humidity control system performed well, maintaining an average humidity of 77.77% RH with minimal fluctuation (standard deviation of 0.49% RH), staying within the ideal range of 65%-78% RH. Similarly, the temperature control system recorded an average temperature of 28.46°C, with small fluctuations (standard deviation of 0.92°C), also within the optimal range of 20°C to 30°C. Overall, the conditions inside the greenhouse were conducive to the growth of lettuce plants. Based on the research conducted on August 30 and 31, 2024, the humidity within the greenhouse has not yet reached optimal stability. It is recommended that future research use higher-dimension fans to improve humidity control.

Keywords: Greenhouse, automated control, temperature, humidity, Wemos ESP8266.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol otomatis yang efektif dalam pengelolaan suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* guna mendukung pertanian berkelanjutan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Wemos ESP8266 sebagai otak pengendali, yang berfungsi untuk memantau dan mengatur kondisi lingkungan secara real-time. Untuk mengukur suhu dan kelembaban, digunakan sensor DHT22, sedangkan aktuator yang diterapkan terdiri dari fan, exhaust fan dan misting nozzle. Desain *greenhouse* yang ergonomis berukuran 3m x 2m ini dilengkapi dengan empat fan dan empat nozzle untuk mengontrol suhu dan kelembaban, serta dinding berlapis UV yang memungkinkan cahaya masuk dan melindungi tanaman dari hama. Sistem kendali kelembaban Climaharmony menunjukkan kinerja cukup baik dengan rata-rata kelembaban 77,77% RH dan fluktuasi kecil (standar deviasi 0,49% RH), berada dalam rentang ideal 65%-78% RH. Demikian pula, sistem kendali suhu mencatat rata-rata suhu 28,46°C, dengan fluktuasi kecil (standar deviasi 0,92°C), yang juga berada dalam rentang optimal 20°C hingga 30°C. Secara keseluruhan, kondisi di dalam *greenhouse* cukup mendukung pertumbuhan tanaman selada. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada 30 dan 31 Agustus 2024, kelembaban di dalam *greenhouse* belum menunjukkan kestabilan yang optimal. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan kipas berdimensi lebih besar untuk meningkatkan kontrol kelembaban.

Kata kunci: Greenhouse, kontrol otomatis, suhu, kelembaban, Wemos ESP8266.

1. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan negara agraris, dimana sebagian besar penduduknya bekerja di sektor agraria. Sektor agraria mempunyai peranan yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan penduduk. Namun, ketersediaan lahan yang terbatas serta perubahan iklim yang tidak bisa diprediksi membuat hasil pertanian tidak dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Penyusutan lahan pertanian terjadi setiap tahun akibat pembangunan infrastruktur dan perumahan. Setiap tahun lahan pertanian berkurang sekitar 150.000 hingga 200.000 hektar [1]. Selain penyusutan akibat pembangunan infrastruktur dan perumahan, alih fungsi lahan juga menjadi salah satu faktor penyebab penyusutan lahan pertanian. Alih fungsi lahan secara umum menyangkut transformasi dalam pengalokasian sumber daya lahan dari satu penggunaan ke penggunaan lainnya [2].

Sejak tahun 2015 hingga 2017, Kabupaten Lampung Selatan mencatat penurunan luas lahan pertanian sekitar 151 hektar, sebagaimana tercatat dalam laporan Kementerian Pertanian tahun 2018. Penurunan tersebut terjadi karena adanya perubahan fungsi lahan pertanian yang disebabkan oleh pembangunan wilayah. Sejumlah lahan sawah yang sebelumnya produktif di Kabupaten Lampung Selatan harus dipindahkan karena pelaksanaan proyek perluasan Bandara Radin Inten II oleh Pemerintah Provinsi Lampung. Selain itu, proyek nasional seperti pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) juga turut merenggut lahan pertanian dalam jumlah yang cukup signifikan. Di samping itu, sebagian lahan sawah yang dulunya produktif kini telah berubah fungsi menjadi lahan perumahan bagi penduduk setempat [3]. Berbagai inovasi pertanian dikembangkan guna menunjang kebutuhan pangan masyarakat akibat alih fungsi lahan pertanian.

Inovasi pertanian yang sedang dikembangkan saat ini yaitu metode pertanian tanpa tanah. Metode pertanian

tersebut tidak memerlukan media tanah selama proses penanaman dan penumbuhan tanaman berlangsung. Jenis-jenis metode pertanian tanpa tanah, yaitu aeroponik, aquaponik, dan hidroponik [4]. Ketiga jenis metode ini menggunakan media tanam yang berbeda-beda.

Penelitian terkait *greenhouse* juga telah dilakukan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan tujuan untuk menjawab kebutuhan pangan masyarakat sepanjang tahun tanpa terpengaruh oleh perubahan musim. Namun, hasil produksi pangan dari penelitian ini tidak optimal karena belum diterapkan sistem otomasi yang dapat mengontrol suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* [5].

Green house adalah struktur bangunan yang dirancang khusus dengan menggunakan kertas ultraviolet untuk kegiatan penanaman tanaman seperti sayur-sayuran dan buah-buahan [6]. *Green house* merupakan suatu bangunan untuk budidaya tanaman yang memiliki struktur atap yang bersifat tembus cahaya. Hal itu memudahkan cahaya masuk yang diperlukan oleh tanaman dapat disaring masuk ke dalam rumah kaca, sementara tanaman dilindungi dari lingkungan yang tidak mendukung, seperti suhu udara yang rendah, curah hujan yang berlebihan, dan angin yang terlalu kencang [7].

Suhu dapat dinyatakan menggunakan empat skala pengukuran berbeda, yaitu Celsius, Kelvin, Fahrenheit, dan Reamur [8]. Suhu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman karena terkait erat dengan regulasi proses biologisnya. Tanaman selada akan mencapai hasil terbaiknya jika ditempatkan di lingkungan dengan suhu udara antara 25°C hingga 28°C dan kelembaban berkisar antara 65% hingga 78% [9].

Suhu di dalam *greenhouse* dipertahankan pada batas persyaratan optimum pertumbuhan tanaman agar tanaman bisa tumbuh dengan baik. Tanaman selada akan mencapai hasil terbaiknya jika ditempatkan di lingkungan dengan suhu

udara berkisaran 20-30°C. Jika suhu melebihi 30°C, pertumbuhan selada dapat terganggu dan daun-daunnya mungkin menjadi pahit [10] dan kelembaban berkisar antara 65% hingga 78% [11]. Tingkat kelembaban udara di suatu lokasi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, tekanan udara, pergerakan angin, kuantitas dan kualitas penyinaran matahari, serta vegetasi [11]. Perubahan kelembaban turut mempengaruhi perubahan suhu, karena kelembapan udara mencerminkan jumlah uap air di udara yang juga berperan dalam menyimpan panas [12].

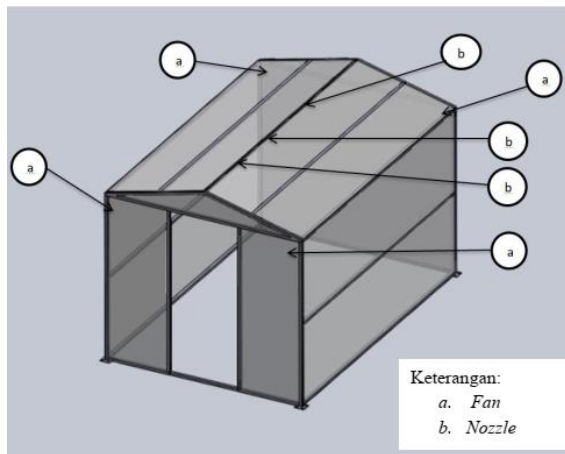
Wemos adalah serangkaian papan pengembangan (Development Board) yang didasarkan pada modul WiFi ESP8306. Modul WiFi ESP8306 adalah perangkat yang memiliki kemampuan terintegrasi untuk protokol TCP/IP, yang memungkinkan mikrokontroler untuk terhubung ke jaringan WiFi [13]. ESP8306 dilengkapi dengan kemampuan pemrosesan dan penyimpanan yang terpasang di papan, memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor atau aplikasi perangkat melalui pin input-output hanya dengan sedikit kode pemrograman [14]. Penggunaan *misting* pada sistem irigasi atau pengkabutan di dalam ruangan *greenhouse* berfungsi sebagai alat untuk menyemprotkan air ke tanaman dengan cara membentuk kabut halus [15].

Penelitian tentang pengendalian suhu dan kelembaban juga telah dilakukan oleh Muhammad Ichsan dan Zulwisli yang berjudul Pengendalian Suhu dan Kelembaban *Greenhouse* Menggunakan *Exhaust Fan*, namun penurunan suhu masih belum maksimal dikarenakan ukuran dan kemampuan fan yang digunakan tidak dapat mengakomodir luasan *greenhouse*. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan menambahkan elemen pendingin berupa proses pengkabutan (*misting*) dengan menggunakan wemos ESP8266 sebagai kontrol suhu dan kelembaban serta penggunaan sensor DHT22 sebagai deteksi temperature dan kelembaban pada *greenhouse*.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini berfokus pada pengontrolan suhu dan kelembaban udara pada ruang *greenhouse* yang bertujuan untuk mengontrol suhu dan kelembaban guna mengoptimalkan pertumbuhan tanaman yang akan dibudidayakan dalam *greenhouse*. Langkah yang dilakukan pertama, menyiapkan bahan seperti pipa hollow, plastik UV, baut M6, sensor DHT22, Wemos ESP8306, kipas 12V, heater dan beberapa alat seperti alat potong gerinda, elektroda, serta alat dan bahan lainnya yang tertera pada tabel alat dan bahan. Tahap yang dilakukan untuk memulai perancangan adalah membuat desain melalui *software* Solidwork. Selanjutnya membangun *greenhouse* sesuai desain yang telah dibuat sebelumnya. Adapun cara pembuatan *greenhouse* dimulai dengan memotong pipa *hollow* sesuai ukuran yang diinginkan, mengelas, dan merakitkan menjadikannya bangunan *greenhouse*. Berikutnya adalah memasang dua alat control dengan tujuan utama mengontrol suhu dan kelembaban udara di dalam ruang *greenhouse* dengan tujuan mengoptimalkan pertumbuhan pada tanaman yang akan ditanam di dalam *greenhouse*. Dalam kasus ini tanaman yang akan ditanam adalah tanaman selada.

Penelitian ini menerapkan metode pengumpulan data dengan menggunakan Wemos ESP8306 untuk melakukan pengamatan pada suhu dan kelembaban secara berkala. Seluruh data akan diolah secara kualitatif dengan tujuan memastikan stabilitas kondisi ruang *greenhouse* sesuai dengan parameter suhu dan kelembaban yang diharapkan untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman selada.



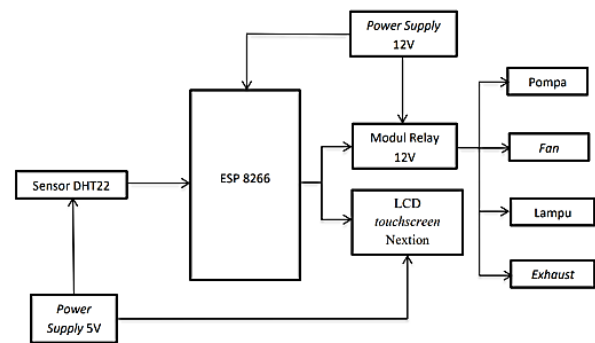
Gambar 1. Konsep Desain *Greenhouse*.

2.1 Konsep Desain

Desain *greenhouse* ini di desain dengan ukuran 3mx2m dimana ruangan tersebut nantinya terdapat 4 fan dan 4 nozzle yang berfungsi sebagai output pengontrol suhu dan kelembaban udara. Dinding *greenhouse* yang ditutup dengan plastik UV akan membantu perlindungan tanaman terhadap hama dan menjaga kestabilan cahaya yang masuk. Desain *greenhouse* yang dirancang secara portabel dengan tujuan memudahkan proses pemindahan *greenhouse* untuk mencari peletakan *greenhouse* yang menyesuaikan kondisi lingkungan sekitar.

2.2 Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram pada gambar 2, power supply 12V mensuplai tegangan untuk Wemos ESP8306 dan modul relay 12V, Power supply 5V mensuplai tegangan untuk sensor DHT22 dan LCD Touchscreen Nextion 5V. Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembaban pada *greenhouse* lalu dikontrol menggunakan Wemos ESP8306. Wemos ESP8306 mengaktifkan modul relay dan LCD Touchscreen Nextion. Modul relay mengaktifkan pompa dan lampu.



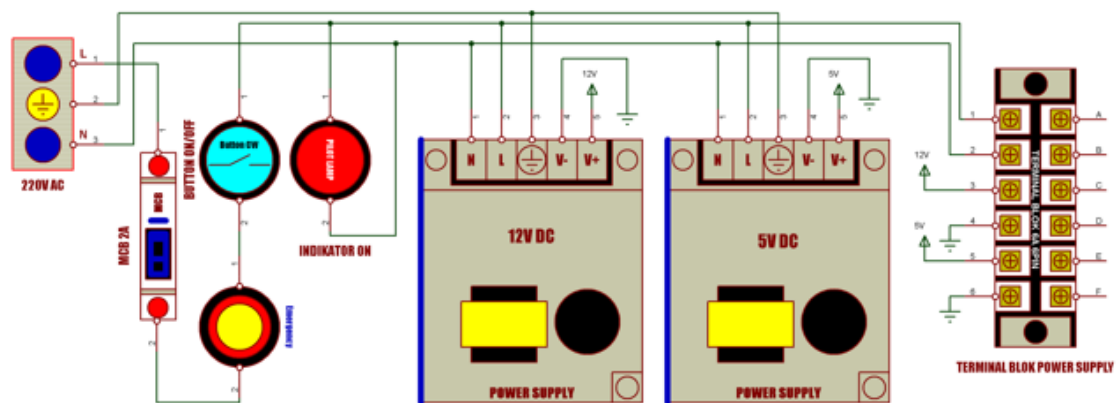
Gambar 2. Blok Diagram Kendali.

2.3 Skema Blok *Power supply*

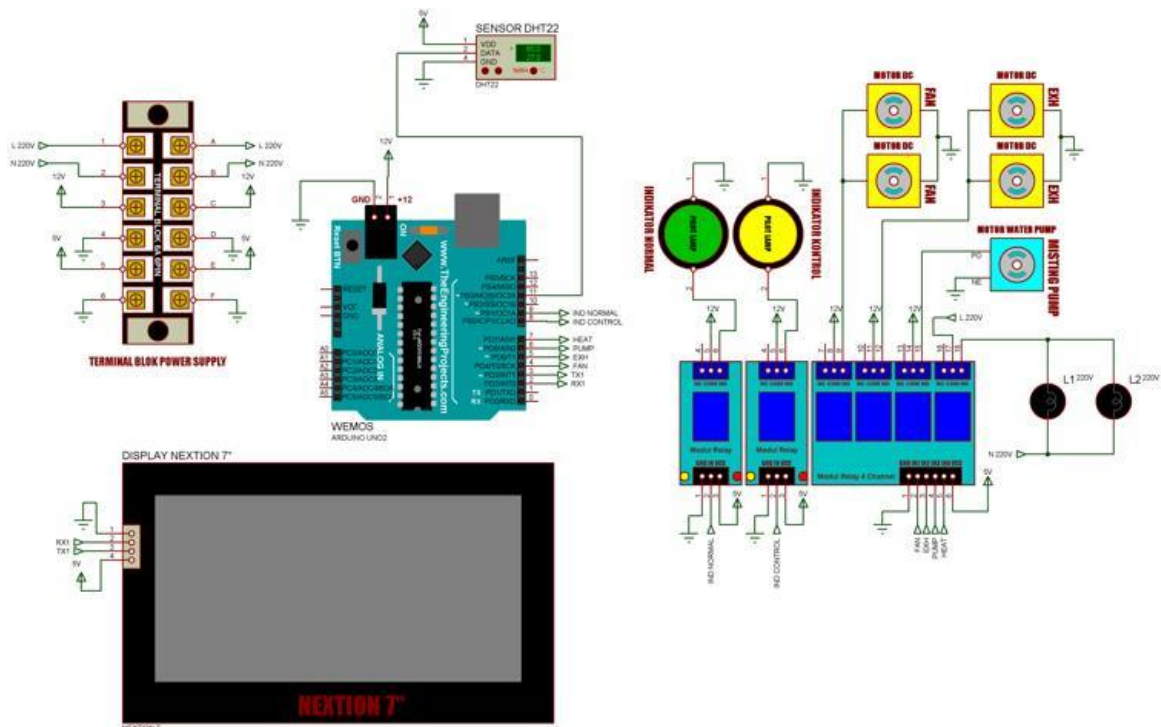
Berdasarkan skema blok power supply yang disajikan pada gambar 3, terdapat sumber listrik utama 220V AC yang terhubung ke sebuah sakelar utama (Switch On/Off). Setelah saklar, aliran listrik melewati sebuah pemutus sirkuit (MCB 2A), tombol emergency dan indikator lampu. Aliran listrik kemudian dihubungkan ke dua catu daya (power supply) yang berbeda, yaitu catu daya 12V DC dan 5V DC. Keluaran dari kedua catu daya pada gambar 3 dihubungkan ke blok terminal, yang mendistribusikan tegangan 12V dan 5V ke berbagai perangkat yang terhubung. Terdapat juga tombol 'Push Button' yang digunakan untuk mengontrol aliran Listrik dalam rangkaian. Diagram ini memberikan gambaran tentang bagaimana listrik dari sumber AC 220V diubah dan didistribusikan menjadi tegangan DC 12V dan 5V yang diperlukan oleh berbagai perangkat atau komponen elektronik lainnya.

2.4 Wiring Diagram Sistem *Greenhouse*

Pada gambar 4, modul relay ini dikendalikan oleh Wemos untuk mengatur operasional motor-motor tersebut. Indikator lampu hijau menandakan iklim di dalam *greenhouse* dalam keadaan normal (suhu 20°C hingga 30°C dan kelembaban antara 65% hingga 78%) dan indikator lampu kuning menandakan bahwa system *Climaharmony* sedang bekerja. Sistem ini juga mengendalikan dua lampu AC 220V, yang dihubungkan ke modul relay. Semua



Gambar 3. Skema Blok Power Supply



Gambar 4. Wiring Diagram Sistem *Greenhouse*

komponen ini bekerja bersama untuk menciptakan sebuah sistem Climaharmony kontrol suhu dan kelembaban dalam *green house*.

3. Hasil dan Pembahasan

Desain *greenhouse* ini dirancang dengan dimensi yang ergonomis, yakni 3m x 2m, guna menciptakan ruang budidaya

yang optimal bagi tanaman. Dengan empat buah fan yang digunakan untuk mengendalikan aliran udara masuk dan keluar dari *greenhouse* serta tiga nozzle penyemprot, sistem pengendalian iklim dalam *greenhouse* ini mampu menjaga suhu 20°C hingga 30°C dan kelembaban udara pada tingkat ideal berkisar antara 65% hingga 78%.



Gambar 5. Realisasi *Greenhouse*

Berdasarkan pengambilan data (tabel 1) yang dilakukan pada pengamatan, yaitu tanggal 30 Agustus 2024 dan 31 Agustus 2024 diperoleh data pengamatan kelembaban berikut ini:

Tabel 1. Data Pengamatan Kelembaban.

Tanggal	Waktu (Pukul)	Kelembaban (%)
30 Agustus 2024	08.00 WIB	77,6
30 Agustus 2024	08.30 WIB	77,2
30 Agustus 2024	09.00 WIB	77,7
30 Agustus 2024	13.00 WIB	76,5
30 Agustus 2024	13.30 WIB	77,4
30 Agustus 2024	14.00 WIB	77,8
30 Agustus 2024	16.00 WIB	77,9
30 Agustus 2024	16.30 WIB	78
30 Agustus 2024	17.00 WIB	78
30 Agustus 2024	19.00 WIB	78,2
30 Agustus 2024	19.30 WIB	78,6
30 Agustus 2024	20.00 WIB	77,9

Tanggal	Waktu (Pukul)	Kelembaban (%)
31 Agustus 2024	08.00 WIB	78,1
31 Agustus 2024	08.30 WIB	78,2
31 Agustus 2024	09.00 WIB	78
31 Agustus 2024	13.00 WIB	76,8
31 Agustus 2024	13.30 WIB	77,1
31 Agustus 2024	14.00 WIB	78
31 Agustus 2024	16.00 WIB	78
31 Agustus 2024	16.30 WIB	77,8
31 Agustus 2024	17.00 WIB	78,1
31 Agustus 2024	19.00 WIB	78
31 Agustus 2024	19.30 WIB	78,3
31 Agustus 2024	20.00 WIB	77,3

Kelembaban udara berdasarkan data pada tabel 1 rata-rata pada saat pengamatan adalah 77,77% RH, nilai maksimum 78,06%RH dan 76,50% RH untuk nilai minimum. Fluktuasi kelembaban udara sepanjang kedua hari tersebut tergolong sedang, dengan standar deviasi sebesar 0,49% RH. Kelembaban udara yang optimal untuk pertumbuhan tanaman berkisar antara 65% hingga 78% RH. Dengan rata-rata kelembaban udara sebesar 77,77% RH, kondisi kelembaban di dalam *greenhouse* dapat dikatakan berada dalam range yang ideal untuk pertumbuhan kebanyakan tanaman. Fluktuasi kelembaban udara yang relative kecil (standar deviasi 0,49% RH) menunjukkan kondisi kelembaban yang cukup stabil sepanjang hari, yang juga menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Data Pengamatan Suhu.

Tanggal	Waktu (Pukul)	Suhu (°C)
30 Agustus 2024	08.00 WIB	28,4
30 Agustus 2024	08.30 WIB	29,4
30 Agustus 2024	09.00 WIB	29,5
30 Agustus 2024	13.00 WIB	30,2
30 Agustus 2024	13.30 WIB	29,8
30 Agustus 2024	14.00 WIB	29,5
30 Agustus 2024	16.00 WIB	28,5
30 Agustus 2024	16.30 WIB	28,2
30 Agustus 2024	17.00 WIB	28,3
30 Agustus 2024	19.00 WIB	27,9

Tanggal	Waktu (Pukul)	Suhu (°C)
30 Agustus 2024	19.30 WIB	27,4
30 Agustus 2024	20.00 WIB	27,2
31 Agustus 2024	08.00 WIB	28
31 Agustus 2024	08.30 WIB	27,7
31 Agustus 2024	09.00 WIB	29
31 Agustus 2024	13.00 WIB	30
31 Agustus 2024	13.30 WIB	29,4
31 Agustus 2024	14.00 WIB	28,1
31 Agustus 2024	16.00 WIB	28,1
31 Agustus 2024	16.30 WIB	28,2
31 Agustus 2024	17.00 WIB	28
31 Agustus 2024	19.00 WIB	27,8
31 Agustus 2024	19.30 WIB	27,3
31 Agustus 2024	20.00 WIB	27,1

Berdasarkan analisis deskriptif, suhu rata-rata di dalam *greenhouse* pada data pengamatan tabel 2 adalah 28,46°C, dengan nilai maksimum 30,2°C dan nilai minimum 27,10°C. Fluktuasi suhu sepanjang kedua hari tersebut tergolong kecil, dengan standar deviasi sebesar 0,92°C. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan tanaman bervariasi tergantung pada jenis tanaman, namun umumnya berkisar antara 20°C hingga 30°C. Dengan rata-rata suhu 28,46°C, kondisi di dalam *greenhouse* pada tanggal 30 dan 31 Agustus 2024 dapat dikatakan berada dalam rentang yang ideal untuk pertumbuhan kebanyakan tanaman. Fluktuasi suhu yang relatif kecil (standar deviasi 0,92°C) menunjukkan stabilitas suhu yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman, sehingga mendukung pertumbuhan yang optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Tugas Akhir “Integrasi Pintar Kontrol suhu Dan Kelembaban Dalam *Green House* Untuk Pertanian Berkelanjutan Berbasis Wemos ESP8306” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain *greenhouse* ini ergonomis dengan ukuran 3m x 2m, dilengkapi empat *fan* dan empat *nozzle* untuk

mengontrol suhu dan kelembaban. Dinding berlapis UV memungkinkan cahaya masuk dan melindungi tanaman. Portabilitasnya memudahkan pemindahan sesuai kebutuhan.

2. Sistem kendali kelembaban Climaharmony di *greenhouse* bekerja dengan baik, sensor menunjukkan rata-rata kelembaban 77,77% RH, dengan fluktuasi kecil (standar deviasi 0,49% RH) dan rentang 76,50% hingga 78,06% RH. Kondisi ini berada dalam rentang ideal 65%-78% RH, menciptakan lingkungan yang stabil dan optimal untuk pertumbuhan tanaman selada.
3. Sistem kendali suhu Climaharmony di *greenhouse* berfungsi dengan baik, sensor suhu menunjukkan rata-rata sebesar 28,46°C, dengan nilai maksimum 30,2°C dan minimum 27,10°C. Fluktuasi suhu yang kecil (standar deviasi 0,92°C) menunjukkan stabilitas yang menguntungkan, dengan kondisi ideal dalam rentang optimal 20°C hingga 30°C untuk pertumbuhan tanaman selada.
4. Berdasarkan analisis harian, kondisi di dalam *greenhouse* pada 30 dan 31 Agustus 2024 menunjukkan kondisi yang cukup ideal untuk pertumbuhan tanaman, dengan kelembaban rata-rata 77,77% RH dan suhu rata-rata 28,46°C, keduanya berada dalam rentang ideal dengan fluktuasi kecil. Meskipun demikian, sistem Climaharmony masih perlu ditingkatkan untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas optimal secara konsisten

Ucapan terimakasih

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa Prodi Teknologi Rekayasa Mesin Pertanian Politeknik Tunas Garuda, Wanda Antika Sari dan Ulil Ulya Fadlilah yang telah terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] D. Cahyaningrum, "Pelindungan Hukum Terhadap Lahan Pertanian Pangan dari Pengalihan Fungsi untuk Non Pertanian Pangan (Legal Protection of Food Agricultural Land from Conversion to Non-Food Agricultural Land)," *Negara Huk. Membangun Huk. untuk Keadilan dan Kesejaht.*, vol. 10, no. 1, hal. 31–48, 2019, doi: 10.22212/jnh.v10i1.1218.
- [2] M. Zuhri, "Alih Fungsi Lahan Pertanian Di Pantura Jawa Tengah (Studi Kasus Kabupaten Brebes)," *J. Litbang Provinsi Jawa Teng.*, vol. 16, no. 1, hal. 119–130, 2018, doi: 10.36762/litbangjateng.v16i1.756.
- [3] M. Ichsan dan Z. Zulwisli, "Pengendalian Suhu dan Kelembaban *Greenhouse* Menggunakan Exhaust Fan," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. Dan Inform.*, vol. 8, no. 4, hal. 80, 2020, doi: 10.24036/voteteknika.v8i4.110106.
- [4] A. L. Hakim, "Urban farming metode teknologi inovasi batu pada pertanian perkotaan," *Urban Farming Solusi Pertan. Perkota.*, hal. 1–23, 2020.
- [5] V. Z. Zulfa, "Optimasi Persebaran Suhu dan Kelembaban pada Iklim Mikro *Greenhouse* Untuk Pertumbuhan Tanaman," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, hal. 59, 2017.
- [6] R. Friadi dan J. Junadhi, "Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada *Greenhouse* Berbasis Raspberry PI," *J. Technopreneursh. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, hal. 30–37, 2019, doi: 10.36085/jtis.v2i1.217.
- [7] R. Setiawan, H. Ulfa, Miftahuljannah, D. S. Ajza, dan B. Setiawan, "Penggunaan Green House untuk Budidaya Hortikultura di Halaman Sekolah SD Negeri 063 Lagi Agi," *J. Lepa-lepa Open*, vol. 1, no. 3, hal. 480–487, 2021.
- [8] Kevin Diantoro, "Implementasi Sensor Mq 4 Dan Sensor Dht 22 Pada Sistem Kompos Pintar Berbasis Iot (Sikompi)," *Electrician*, vol. 14, no. 3, hal. 84–94, 2020, doi: 10.23960/elc.v14n3.2157.
- [9] A. Evi Hastini¹, Joko Sumarsono², "PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBABAN TANAMAN SELADA," *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, Okt 2017.
- [10] M. Suhairi dan Halimah Tuzsakdiah, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Intensitas Cahaya dan Suhu Pada *Greenhouse* BerBasis IoT," *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 9, no. 1, hal. 86–93, 2023, doi: 10.35143/elementer.v9i1.5888.
- [17] A. Evi Hastini¹, Joko Sumarsono², "PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBABAN TANAMAN SELADA," *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, Okt 2017.
- [11] A. N. Edar, "Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi (Studi Kasus: Gedung UNIFA Makassar)," *LOSARI J. Arsit. Kota dan Pemukim.*, vol. 6, no. 2, hal. 102–114, 2021, doi: 10.33096/losari.v6i2.307.
- [12] B. R. Ramadhan, D. Ariffin, J. Budidaya, dan P. Fakultas, "Kajian Thermal Unit Pada Empat Varietas Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.) Yang Dibudidayakan Dengan Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique Dan Substrat Study Of Thermal Unit On Four Varieties Of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) Cultivated With Nutrient Fil," *Plantropica J. Agric. Sci.*, no. 2, hal. 141–149, 2019.
- [13] I. Sumadikarta dan M. M. Isro'I, "Mobile Application , arduino NodeMCU ESP8306.," *J. Ilm. Fak. Tek. LIMIT'S*, vol. 16, no. 1, 2020.
- [14] N. A. Kusuma, "Rancang Bangun Smart Home Menggunakan Wemos D1R2 Arduino Compatible Berbasis ESP-12F," *UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, vol. 13, no. April, hal. 15–38, 2018.

- [15] A. Arafat dan I. Ibrahim, “Sistem Alat Monitoring Untuk Pengendali Suhu Dan Kelembaban Greenhouse Berbasis Internet of Things,” *Info-Teknik*, vol. 21, no. 1, hal. 25, 2020, doi: 10.20531/infotek.v21i1.8961.