

PEMANTAUAN RUMAH KACA DENGAN APLIKASI *BLYNK CLOUD* DI IKLIM SEMI-KERING

Fredrik J. Haba Bunga¹, Jemmy J. S. Dethan^{2*}, Melani Sabuna³, Novi I. Bullu⁴, Jemseng C. Abineno⁵

^{1, 2, 3} Program Studi Mekanisasi Pertanian, Universitas Kristen Artha Wacana Kupang, Indonesia

⁴ Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Kristen Artha Wacana Kupang, Indonesia

⁵ Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia

¹Email: ehababunga@gmail.com

²Email*: jemmydethan19@gmail.com

³Email: melansabuna@gmail.com

⁴Email: Novibullu@gmail.com

⁵Email: jemsengcarlesabineno@gmail.com

ABSTRAK

Pemantauan suhu dan kelembaban pada masa pertumbuhan tanaman sangat penting karena berdampak signifikan terhadap kecepatan pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas tanaman. Suhu optimal mempengaruhi fotosintesis, transpirasi, dan perkembangan bunga/buah. Kelembaban yang tinggi membantu penyerapan air dan unsur hara, mengurangi resiko kerusakan akibat perubahan suhu yang ekstrim. Pemantauan suhu dan kelembaban juga membantu mendeteksi dan mengatasi masalah tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau suhu dan kelembaban tanaman pada rumah kaca. Studi ini menguji kinerja sistem sebagai alat IoT untuk melakukan observasi. Perancangan perangkat melibatkan persiapan peralatan dan pembuatan kode sumber Arduino (C++) untuk Arduino, yang dihubungkan melalui kabel *jumper* ke sensor DHT11 dan NodeMCU ESP8266. Konfigurasi *Blynk* memungkinkan perangkat Android dengan aplikasi untuk menampilkan data, termasuk suhu dan kelembaban rumah kaca. Secara simultan, pemantauan harian mencatat perubahan suhu saat mengaplikasikan perangkat hidroponik pada rumah kaca di Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang terdiri dari perangkat keras *IoT* (NodeMCU ESP8266 dan Sensor DHT11) dan komponen perangkat lunak (Arduino IDE dan *Blynk*), semuanya bekerja dengan efektif. Pengujian alat dengan higrometer dan mikrometer menghasilkan perbedaan rata-rata suhu/kelembaban pada rumah kaca sebesar 1,33%, dan kelembaban udara sebesar 2,17%. Kesalahan pembacaan suhu rata-rata mencapai 1,40% dengan kelembaban 2,35%.

Kata kunci: *blynk*, rumah kaca, kelembaban, semi kering, suhu.

ABSTRACT

Monitoring temperature and humidity during growth plants are very important Because impact significant on speed growth, productivity, and quality plant. Optimal temperature influences photosynthesis, transpiration, and development flower / fruit. Humidity tall help absorption of water and nutrients, reducing risk damage consequence change temperature extreme. Monitoring temperature and humidity also help detect and resolve problem plant. Study This aim For designing system IoT- based for monitor temperature and humidity plants at home glass. Study This test performance system as IoT tools for observation. Device design involve preparation equipment and manufacture code Arduino source (C++) for Arduino, which is connected through jumper cables to the DHT11 sensor and NodeMCU ESP8266. Blynk configuration allows Android devices with application the For display data, include temperature and humidity House glass. By Simultaneous, monitoring daily take notes change temperature moment apply devices at home glass hydroponics in Kupang City, East Nusa Tenggara Province. Research result show that system consists from device IoT hardware (NodeMCU ESP8266 and Sensor DHT11) and components device software (Arduino IDE and Blynk), everything works with effective. Testing tool with a hygrometer and micrometre produce difference average temperature / humidity in the house glass of 1.33%, and humidity amounting to 2.17%. The error average temperature is 1.40%, with humidity of 2.35%.

Keywords: *blynk*, greenhouse, humidity, semi-arid, temperature

1. PENDAHULUAN

Hidroponik rumah kaca pintar adalah inovasi modern yang menggabungkan teknologi hidroponik dengan kontrol lingkungan pintar dalam satu sistem. Hidroponik rumah kaca pintar adalah inovasi modern yang menggabungkan teknologi hidroponik dengan kontrol lingkungan pintar dalam satu sistem. Meskipun investasi awal biasanya tinggi, penerapan teknologi ini dalam sistem produksi pangan skala kecil dan menengah yang terdesentralisasi dapat berdampak positif bagi perekonomian lokal dengan mendorong kemandirian usaha dalam kegiatan yang menguntungkan dan mendorong lingkungan usaha yang bekerja sama di masyarakat [1].

Untuk mengoptimalkan budidaya tanaman, penerapan teknologi rumah kaca pintar menjadi semakin relevan. Sistem aplikasi mendukung pengambilan keputusan yang pintar di negara-negara berkembang, mendukung analisis dan pemetaan karakteristik lahan secara *real-time*, serta membantu dalam pengambilan keputusan pengelolaan yang tepat [2]. Penggunaan sistem pertumbuhan baru, seperti hidroponik dan pertanian vertikal, memungkinkan produksi bunga sepanjang tahun dalam lingkungan mitigasi yang terkendali terhadap tantangan terkait dengan perubahan musim dan variasi iklim [3]. Penggunaan aplikasi memungkinkan pengguna mengontrol seluruh taman secara pintar dari komputernya dan perangkat lain, serta memberikan tugas berdasarkan waktu atau pembacaan sensor, seperti cahaya, suhu, atau suara, dari perangkat di mana saja di rumah [4]. Model otomasi rumah kaca pintar yang bekerja penuh menggunakan mikrokontroler, sensor, kipas angin, pompa, dan teknologi pemilihan jalur jaringan tepat guna yang dapat menyediakan data *real-time* untuk memantau pertumbuhan tanaman secara akurat [5].

Pentingnya rumah kaca pintar untuk hidroponik di daerah semi kering memungkinkan pertanian tanpa lahan, memaksimalkan penggunaan air dengan efisiensi tinggi. Di lingkungan yang gersang, penggunaan air yang efisien menjadi sangat penting untuk menjaga sumber daya air yang terbatas. Teknologi hidroponik saat ini sedang menjadi tren komersial. Dalam budidaya tanaman di rumah kaca, teknologi ini melibatkan teknik film nutrisi dan sistem budidaya air dalam yang cocok untuk tanaman kecil seperti sayuran daun [6]. Penerangan dan pasokan nutrisi, bersama dengan berbagai sistem, aplikasi, substrat, dan organisme, serta kelayakan ekonomi dan keberlanjutan, harus dipertimbangkan untuk memahami apakah dan kapan teknik yang layak digunakan tanpa lahan [7]. Penting untuk mengontrol suhu larutan nutrisi tergantung pada jenis tanaman agar penggunaan mencapai produksi optimal sepanjang tahun [8]. Sterilisasi sangat penting untuk siklus hidroponik yang berulang dan penumpukan *inhibitor* alelokimia yang menyebabkan penurunan hasil dan kualitas karena fenomena ototoksitas [9]. Sistem pemantauan air, *database* dan sistem informasi, serta kemampuan pemodelan yang dibantu oleh teknologi pemantauan jarak jauh perlu didukung dan diperkuat dengan cara yang lebih sistematis.

Selain itu, rumah kaca pintar untuk hidroponik mengoptimalkan penggunaan nutrisi tanaman dengan memberikan jumlah nutrisi yang tepat. Hal ini memungkinkan pertumbuhan tanaman optimal tanpa mengalami kelangkaan nutrisi, yang sering terjadi di daerah semi kering. Risiko kontaminasi pada sistem hidroponik dapat diminimalkan dengan menggunakan bahan tanaman yang baru dan melakukan dekontaminasi yang tepat terhadap cairan substrat yang digunakan kembali [10]. Rumah kaca pintar untuk hidroponik menggunakan sistem pengontrol lingkungan pintar yang memastikan suhu, kelembaban, dan pencahayaan dioptimalkan sesuai dengan kebutuhan spesifik setiap jenis tanaman. Hasilnya, tanaman dapat tumbuh dalam kondisi yang lebih stabil dan terkendali, terhindar dari dampak negatif fluktuasi eksternal yang tidak diharapkan. IoT dan kecerdasan buatan (AI) telah berhasil diimplementasikan pada model sawah, pertanian hidroponik, dan perikanan dengan menggunakan mode otomatis dari perangkat dan sensor RTC [11]. Sistem monitoring rumah kaca pintar dapat menampilkan kondisi tanaman hidroponik dan mampu mengontrol kelembaban dengan batas atas 35°C dan suhu rata-rata 0,5 °C [12]. Pemberian nutrisi seimbang merupakan prasyarat untuk stabilisasi suhu yang penting agar hasil panen optimal dalam sistem hidroponik [13]. Penggunaan air dan nutrisi yang efisien meminimalkan dampak lingkungan dan polusi. Selain itu, rumah kaca ini mengurangi risiko erosi dan degradasi lahan, menjaga kualitas tanah dan keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan. Produksi selada secara hidroponik merupakan alternatif berkelanjutan terhadap produksi selada berbasis lahan konvensional [14]. Salah satu pendekatan inovatif adalah penggunaan aplikasi *Blynk Cloud* untuk memantau rumah kaca. Dengan memanfaatkan papan *Arduino Uno open-source* dan sensor kelembaban yang terjangkau, dimungkinkan untuk membuat perangkat pemantauan dengan berbagai sensor seperti sensor suhu dan kelembaban, sensor kelembaban tanah, sensor ultrasonik, sensor PIR, sensor tekanan, dan sensor level cahaya. Hal ini memungkinkan pemantauan yang efektif dan *real-time*, serta manajemen irigasi yang diperlukan [15]. Sistem ini menggunakan aplikasi *Blynk* yang efektif untuk pertanian energi pintar dan hemat di rumah kaca, yang berkontribusi pada pendekatan ramah lingkungan dan lingkungan yang berkelanjutan [16]. Sistem ini dapat diimplementasikan dengan mudah pada rumah kaca dan menjaga lingkungan rumah kaca dalam rentang normal yang dinamis dan berkesinambungan [17].

Penerapan sistem ini dapat dilakukan oleh petani dan pemilik rumah kaca untuk mengendalikan dan memantau faktor lingkungan penting dari jarak jauh, guna menciptakan lingkungan pertumbuhan yang optimal bagi tanaman. Aplikasi ini andal, kompatibel, dan mampu diperluas, menyediakan deteksi dan kontrol real-time serta kemampuan otomatisasi untuk rumah kaca pintar [18]. Sensor mengumpulkan data dan mentransfernya ke aplikasi Blynk menggunakan modul WiFi ESP8266 [19]. Sensor suhu menunjukkan kesalahan rata-rata sebesar 0,92% dalam pengujian unit waktu [20]. Implementasi rumah kaca pintar ini menyediakan irigasi otomatis dan memantau kondisi lingkungan tanaman secara real-time melalui aplikasi Blynk, yang sangat penting untuk menjaga lingkungan yang optimal bagi tanaman yang dipilih. Informasi tersebut akan muncul di *smartphone* pengguna melalui aplikasi Blynk sebagai sistem pemantau jarak jauh, dan juga akan ditampilkan pada layer (Liquid Crystal Display) LCD sebagai penampil data untuk pemantauan langsung [18].

2. MATERI DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Kabel *jumper*, kabel USB, sensor DHT11, NodeMCU ESP8266, *smartphone*, komputer, tanaman selada dalam rumah kaca, pemrograman dengan Arduino IDE, dan aplikasi *Blynk* digunakan dalam penelitian ini. Sensor suhu dan kelembaban DHT11 memberikan keluaran data analog dengan rentang pengukuran suhu 0-50°C dan rentang kelembaban 20-90% RH. Akurasi kelembaban adalah $\pm 5\%$ RH, dan akurasi suhu adalah $\pm 2^\circ\text{C}$. Data ini akan diproses menjadi transmisi serial ke Wi-Fi. Modul ESP8266 telah dilengkapi dengan *output* serial dan tambahan mikrokontroler untuk pengendaliannya. Data yang diterima dari sensor DHT11 akan diproses secara digital dan dikirimkan ke WiFi untuk ditampilkan di *smartphone*.

Persiapan dan Pemasangan Perangkat Keras

Siapkan Arduino IDE dan install *library* ESP8266 dan DHT11. Kemudian, hubungkan kabel *jumper* antara sensor DHT11 dan NodeMCU ESP8266 sesuai dengan kebutuhan sambungan. Program Arduino menggunakan bahasa C++ untuk mengambil data dari sensor DHT11 dan mengirimkannya ke NodeMCU ESP8266, kemudian lakukan kompilasi program.

Konfigurasi *Blynk*

Unduh dan install aplikasi *Blynk* dari *Google Play Store* dan buat akun *Blynk*. Buat proyek baru di aplikasi *Blynk*. Setelah proyek dibuat, navigasikan ke Pengaturan Proyek untuk mendapatkan kode autentikasi (*Auth Token*) yang diperlukan untuk menghubungkan perangkat ke proyek *Blynk*. Kode *Auth Token* dapat ditemukan di menu Pengaturan Proyek. Salin kode ini untuk digunakan pada program Arduino.

Buat Antarmuka di Aplikasi *Blynk*

Tambahkan komponen Tampilan Nilai ke dalam proyek. Konfigurasikan pin komponen ini sebagai Virtual Pin V1. Integrasikan komponen Slider ke dalam proyek. Konfigurasikan pin komponen ini sebagai Virtual Pin V0. Simpan perubahan yang dibuat di proyek *Blynk*.

Pengujian di Lingkungan Rumah Kaca

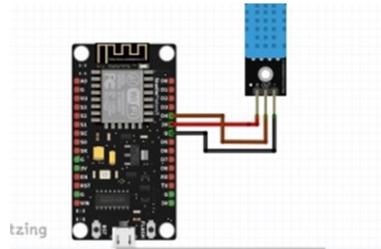
Pasang sensor suhu dan kelembaban di area tengah rumah kaca untuk mendapatkan data yang akurat. Hidupkan perangkat dan pastikan koneksi Wi-Fi aktif. Perangkat akan membaca suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT11, lalu mengirimkan data ini melalui Wi-Fi ke aplikasi *Blynk* di perangkat seluler. Melalui aplikasi *Blynk*, dapat terlihat tampilan suhu dan menggunakan penggeser untuk mengirimkan data ke perangkat dengan mudah.

Sistem Analisis dan Evaluasi

Pemantauan suhu dan kelembaban dilakukan setiap hari, dan data yang disimpan dapat diakses melalui aplikasi *Blynk*. Bandingkan data yang ditampilkan di perangkat seluler dengan data yang diukur secara langsung oleh sensor DHT11 untuk mengevaluasi akurasi dan stabilitas sistem. Analisis data ini bertujuan untuk menunjukkan kinerja dan keberhasilan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Instalasi perangkat keras adalah proses pemasangan atau persiapan alat-alat yang digunakan untuk membangun sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT untuk rumah kaca. Komponen perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian perangkat keras

Pada Gambar 1, komponen peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain laptop, *board* NodeMCU Lolin V3 ESP8266, dan sensor DHT11. Pin ground dari DHT11 dihubungkan ke pin *ground* pada NodeMCU ESP8266, pin Vcc dari DHT11 dihubungkan ke pin Vcc 3,3 Volt pada *board* NodeMCU ESP8266, dan pin *input/output* analog dari sensor DHT11 dihubungkan ke pin D4 pada *board* NodeMCU ESP8266 atau pin 2 pada *board* GPIO. Semua pin dihubungkan menggunakan kabel *jumper male to male*. Setelah semua pin terhubung, *port* USB dari NodeMCU ESP8266 dihubungkan ke *port* laptop untuk pemrograman lebih lanjut.

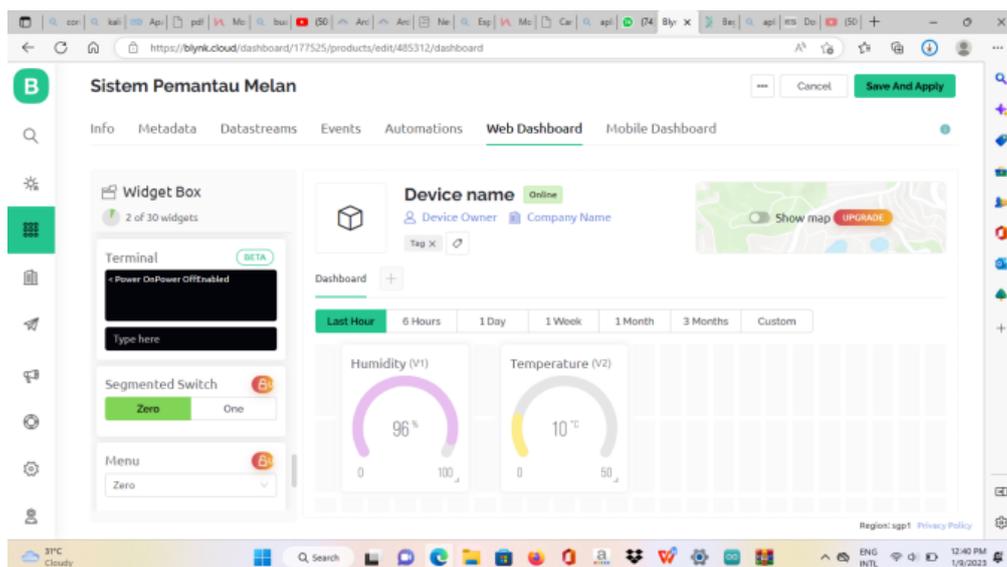
Implementasi Perangkat Lunak

Untuk implementasi perangkat lunak, sistem menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE dan memerlukan instalasi *driver* yang diperlukan.

Konfigurasi Blynk

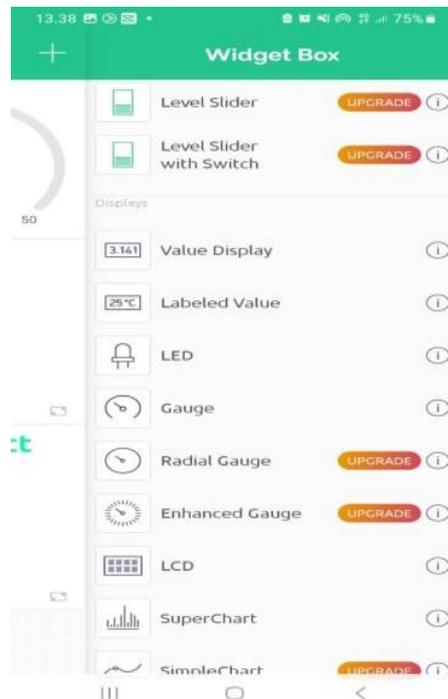
Blynk menawarkan antarmuka visual untuk membaca data dari sensor DHT11 dan menampilkan data terukur di *smartphone* atau laptop. *Blynk* digunakan bersama perangkat NodeMCU ESP8266. Platform IoT *Blynk* yang ringan dan cepat ini digunakan untuk membuat aplikasi seluler guna pemantauan dan pengendalian lingkungan rumah kaca, berkontribusi pada pertanian pintar yang hemat energi dalam penataan rumah kaca. Kebutuhan irigasi secara *real-time* diterima melalui pesan di aplikasi *Blynk* yang diinstal pada perangkat seluler. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan merupakan solusi efektif untuk pertanian pintar yang hemat energi di rumah kaca, mendorong praktik berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pengendalian lingkungan rumah kaca secara pintar, dengan menggunakan aktuator seperti lampu dan *nozzle* semprotan yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno, dapat mempengaruhi faktor lingkungan dan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman selada [19].

Berdasarkan hasil percobaan, sistem yang diusulkan beroperasi secara otomatis dengan tingkat kesalahan rata-rata hanya 5,6% dalam mengontrol kecerahan dan kelembaban lahan. Sistem pengontrol semprotan air berfungsi dengan akurat sesuai dengan nilai yang diinginkan. Selain itu, data rumah kaca secara otomatis disimpan setiap jam di lembar Google berbasis IoT.



Gambar 2. Konfigurasi Blynk

Dalam konfigurasi *Blynk*, pengaturan awal melibatkan penggunaan *Blynk Cloud* sebagai *server* yang menghubungkan perangkat IoT dengan *smartphone*. Pada Gambar 2, setelah *log in* berhasil, ditampilkan antarmuka utama proyek *Blynk Cloud* yang bernama 'System Melan Monitor', yang dikonfigurasi untuk mengintegrasikan perangkat keras NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang mengirimkan data ke *Blynk*. Pada Gambar 2, Perangkat *Blynk* yang telah dikonfigurasi sebelumnya, yang akan menerima otentikasi kode. Kode ini digunakan untuk menghubungkan perangkat NodeMCU ESP8266 dengan aplikasi *Blynk*.



Gambar 3. Konfigurasi Aplikasi Android *Deep Virtual Data Flow Blynk*

Gambar 3 menggambarkan konfigurasi awal pin virtual di *Blynk* untuk membangun komunikasi antara perangkat NodeMCU ESP8266 dan aplikasi *Blynk*. Pin virtual ini digunakan untuk menerima dan menampilkan data suhu dan kelembaban dari sensor DHT11 dalam aplikasi *Blynk*. Gambar 4 menunjukkan koneksi setelah proses tersebut selesai. *Widget* ditambahkan ke *dashboard Blynk* untuk menampilkan hasil pemantauan suhu dan kelembaban rumah kaca dalam bentuk data integer.



Gambar 4. Tampilan Pembacaan *Blynk* Suhu dan Kelembapan di Android

Dengan *Blynk* yang dikonfigurasi dengan baik, suhu dapat dibaca sesuai dengan program, dan *Blynk* siap untuk membaca suhu serta kelembaban dari jarak jauh melalui perangkat Android dan web server. Sistem yang diusulkan memungkinkan pembaruan data sensor secara *real-time* dan pengendalian perangkat yang terhubung dari jarak jauh melalui aplikasi seluler dari lokasi mana pun, dengan ketergantungan pada koneksi internet yang cepat. Setelah dilakukan pengujian ekstensif, data dari sensor DHT11 digunakan untuk mendapatkan informasi kelembaban dan suhu, yang kemudian dapat dikirim dan ditampilkan pada aplikasi *Blynk* di *smartphone*. Tingkat kesalahan pembacaan adalah sekitar 6,92% untuk data kelembaban dan 2,75% untuk data suhu.

Pengujian Rangkaian

Pada tahap ini, pengujian dilakukan pada sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan pengukuran yang diperoleh dari referensi alat, yaitu higrometer HTC-1 dan Xiaomi Miji, untuk mengevaluasi keakuratan perangkat.

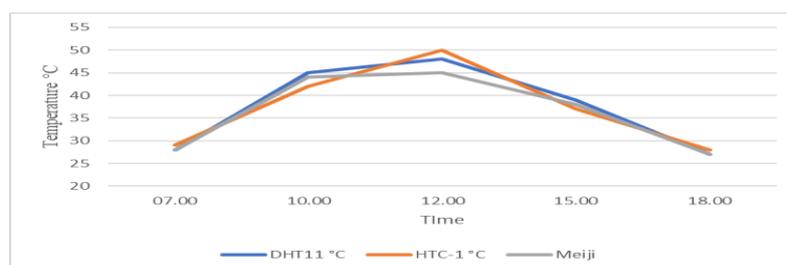


Gambar 5. Percobaan Mengukur Suhu dan Kelembaban Menggunakan DHT11, HTC01, dan Meiji

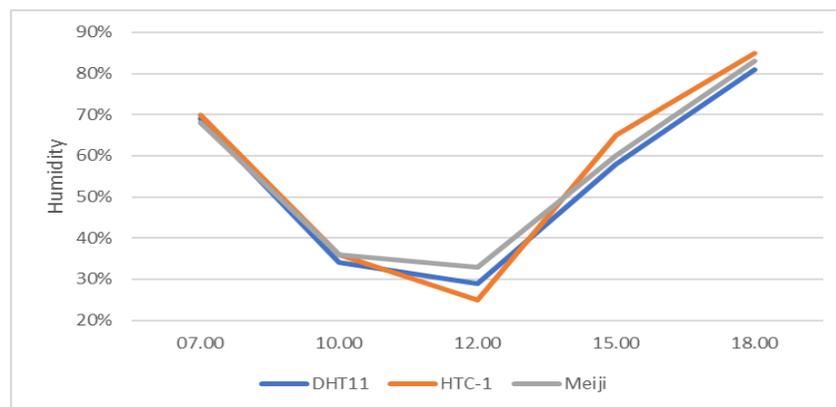
Thermo Hygrometer HTC-1 dan *Thermo Hygrometer* Xiaomi Miji adalah alat pengukur suhu dan kelembaban yang digunakan untuk membandingkan data dengan sensor DHT11, dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil percobaan menunjukkan bahwa alat ini berfungsi sesuai dengan instruksi. DHT11 dan kalibrasi sensor kelembaban tanah V1.2 menggunakan metode regresi yang efektif mengurangi kesalahan pembacaan. Rata-rata kesalahan pembacaan suhu adalah 1,18%, menurun dari sebelumnya 1,66%, sementara kesalahan pembacaan kelembaban udara adalah 4,31%, turun dari sebelumnya 21,78%. Demikian pula, kesalahan pembacaan kelembaban tanah rata-rata adalah 3,80%, meningkat dari sebelumnya 7,40%.

Pengujian Kondisi Suhu dan Kelembapan di Rumah Kaca

Data suhu dan kelembaban dari DHT11, HTC-1, dan Miji disajikan pada Gambar 6 dan 7. Gambar 6 dan 7 menunjukkan grafik hasil pengujian menggunakan dua alat ukur acuan selama periode 5 jam dengan variasi kondisi. Hasil pengujian menunjukkan variasi data suhu dan kelembaban, dengan rata-rata selisih suhu sebesar 1,33% dan selisih kelembaban sebesar 2,17%. Akurasi pembacaan kelembaban oleh DHT11 adalah $\pm 5\%$. Pemantauan kelembaban dan suhu tanah untuk perkecambahan tanaman selada dapat dilakukan dari jarak jauh, kapan saja dan di mana saja. Pengecekan kelembaban lahan tidak perlu dilakukan langsung di rumah kaca, sehingga kegiatan lain dapat terus berjalan tanpa gangguan, dan operasional pertanian dapat berjalan dengan lancar.



Gambar 6. Perubahan suhu Rumah Kaca



Gambar 7. Perbedaan Kelembaban di Rumah Kaca

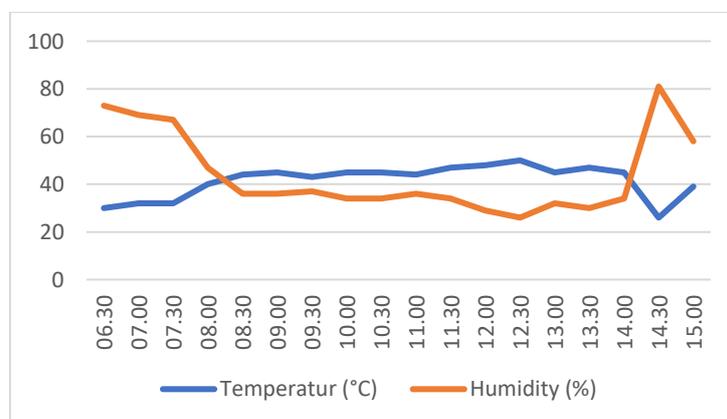
Hasil penelitian tentang prototipe rumah kaca yang dikontrol secara otomatis menggunakan *Internet of Things* (IoT) menunjukkan fungsionalitas yang berhasil [20]. Sistem ini efektif mendeteksi dan mengukur kondisi mikroklamat pada prototipe rumah kaca dengan ukuran panjang 110 cm, tinggi 90 cm, dan lebar 60 cm. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 dengan tingkat kesalahan pembacaan sebesar 2,22% untuk pengukuran suhu, 2,70% untuk pengukuran kelembaban udara, 3,37% untuk kelembaban tanah menggunakan sensor kelembaban tanah, dan 3,49% untuk intensitas cahaya menggunakan sensor BH1750. Sensor tegangan INA219 mempunyai tingkat kesalahan pembacaan sebesar 1,32% [21].

Pengujian Kondisi Suhu dan Kelembaban di Luar Rumah Kaca

Pengujian suhu dan kelembaban menggunakan dua alat ukur referensi selama periode 5 jam di luar rumah kaca menunjukkan variasi data suhu dan kelembaban. Selisih rata-rata suhu di luar rumah kaca adalah 1,40%, dengan akurasi pembacaan suhu DHT11 sebesar ± 2 °C. Data dari sistem pemantauan dan kedua alat ukur referensi menunjukkan perbedaan yang minimal. Selisih rata-rata suhu antara sistem pemantauan dan kedua alat ukur standar adalah 1,40%. Analisis data ini memberikan dasar yang akurat untuk pengembangan lebih lanjut sistem IoT yang lebih baik.

Implementasi Rangkaian

Setelah solusi sistem pemantauan suhu dan kelembaban rumah kaca berbasis Internet of Things (IoT), perangkat dinyatakan siap diimplementasikan. Implementasinya dilakukan di sebuah rumah kaca terbuka bernama Evo Hydro. Hasil pemantauan sistem dimonitor untuk dua parameter yaitu suhu dan kelembaban. Hasil pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan sistem pemantauan suhu dan kelembaban rumah kaca berbasis IoT yang tercatat dalam 3 hari. Selama tahap pelaksanaan, pemantauan suhu dan kelembaban dilakukan selama tiga hari dan waktu berbeda. Hari pertama meliputi pemantauan pagi hari pukul 06.00 hingga pukul 10.00, hari kedua pemantauan siang hari pukul 10.10 hingga pukul 15.00, dan hari ketiga pemantauan sore pukul 15.10 hingga pukul 18.00. Grafik suhu dan kelembaban berdasarkan waktu dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Suhu dan Kelembaban di Rumah Kaca

Pengumpulan data suhu dan kelembaban pada pagi hari dilakukan dengan mengamati suhu mulai dari 30°C, mencatat perubahan suhu dan kelembaban pada interval waktu yang berbeda antara pukul 06.00 hingga pukul 10.00. Suhu rata-rata udara pada pukul 06.00 pagi di rumah kaca Evo Hydro tercatat sebesar 30°C. Secara umum, suhu udara rata-rata pada pukul 06.00 pagi di daerah semi kering berkisar antara 20°C hingga 25°C, di daerah subtropis berkisar antara 10°C hingga 15°C, dan di daerah beriklim dingin berkisar antara 0°C hingga 6°C. Peningkatan suhu di dalam rumah kaca terjadi karena efek rumah kaca, yang intensitasnya meningkat setelah matahari terbit hingga menjelang sore hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selada yang dibudidayakan di dalam rumah kaca dengan menggunakan teknologi IoT memiliki bobot segar 7% lebih tinggi, tinggi tanaman 6,35% lebih tinggi, dan bebas dari serangan serangga dibandingkan dengan selada yang ditanam di luar rumah kaca tanpa teknologi IoT [22].

Fluktuasi suhu ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain perubahan cuaca, keberadaan awan, dan aktivitas manusia, terutama di daerah semi kering yang siang hari menjadi sangat panas. Karena faktor tersebut seperti radiasi matahari, rumah kaca. Radiasi matahari yang masuk ke rumah kaca dapat menyebabkan peningkatan suhu udara secara signifikan pada siang hari, hingga mencapai 50°C. Panas yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman di dalam rumah kaca. Demikian pula perubahan warna daun, layu, dan kerusakan daun dapat terjadi. Kelembaban yang sangat rendah, hingga 26%, dapat meningkatkan transpirasi tanaman, menyebabkan kekurangan air dan mengurangi fotosintesis. Daun tanaman dapat menjadi gersang dan layu seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tanaman selada berumur 30 hari



Gambar 10. Daun selada terserang hama

Pada Gambar 9 dan 10 terlihat tanaman selada berumur antara 30-40 hari siap panen. Namun ada pula tanaman yang menunjukkan pertumbuhan kurang optimal, hal ini ditandai dengan daun selada tertentu yang tidak berkembang dengan baik. Selain itu, salah satu daunnya menunjukkan tanda-tanda serangan hama berupa bercak putih. Meningkatnya suhu dan turunnya kelembaban menjadi beberapa penyebabnya. Terinfestasinya tanaman oleh hama disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak sehat, nutrisi yang kurang, paparan sinar matahari yang berlebihan, dan kelembaban yang tidak terlalu stabil. Suhu yang terlalu tinggi dapat menghentikan fotosintesis karena merusak potensi enzim. Oleh karena itu, suhu optimal sangat penting untuk kelancaran proses fotosintesis. Kisaran suhu yang cocok untuk budidaya selada adalah 15-

25°C. Suhu melebihi 30°C dapat menghambat pertumbuhan, merangsang perkembangan tangkai bunga (bolting), dan menimbulkan rasa pahit. Kisaran kelembaban udara yang ideal untuk pertumbuhan selada adalah antara 80-90%. Kelembapan yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan tanaman karena menyerang hama dan penyakit, sedangkan kelembapan yang rendah dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat dan laju produksi menurun. Kelembapan di dalam rumah kaca dapat berkurang karena berbagai faktor, termasuk proses transpirasi dimana tanaman selada mengeluarkan uap air sehingga menyebabkan menurunnya kelembaban udara. Suhu tinggi dapat meningkatkan reaksi fotosintesis.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan sistem ini terdiri dari komponen perangkat keras yaitu NodeMCU ESP8266 dan sensor DHT11 yang berbasis IoT, serta komponen perangkat lunak yang meliputi inialisasi program pada Arduino IDE dan implementasi pemantauan sistem melalui aplikasi *Blynk*. Perbedaan rata-rata persentase suhu dan kelembaban di dalam rumah kaca masing-masing adalah 1,33% dan 2,17%. Rata-rata kesalahan pengukuran suhu luar dan kelembaban di dalam rumah kaca masing-masing adalah 1,40% dan 2,35%. Studi lanjutan masih diperlukan untuk mengoptimalkan pengendalian suhu dan kelembaban berbasis IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Velazquez-Gonzalez, A. L. Garcia-Garcia, E. Ventura-Zapata, J. D. O. Barceinas-Sanchez, and J. C. Sosa-Savedra, "A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium-and Small-Scale Operations," 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- [2] E. Said Mohamed, A. A. Belal, S. Kotb Abd-Elmabod, M. A. El-Shirbeny, A. Gad, and M. B. Zahran, "Smart farming for improving agricultural management," 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007>.
- [3] M. A. Wani *et al.*, "Navigating the future: exploring technological advancements and emerging trends in the sustainable ornamental industry," *Front Environ Sci*, vol. 11, Jun. 2023, doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1188643>.
- [4] K. Osita, "IoT Based Smart Greenhouse: Using Packet Tracer Software," *OALib*, vol. 09, no. 12, pp.1-13 2022, doi: <https://dx.doi.org/10.4236/oalib.1109535>.
- [5] A. Q. Mohabuth and D. Nem, "An IoT-Based Model for Monitoring Plant Growth in Greenhouses," *Journal of Information Systems and Informatics*, vol. 5, no. 2, pp. 536–549, May 2023, doi: <https://doi.org/10.51519/journalisi.v5i2.489>.
- [6] G. Niu and J. Masabni, "Chapter 9 - Hydroponics," in *Plant Factory Basics, Applications and Advances*, pp. 153-166, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85152-7.00023-9>
- [7] A. Fussy and J. Papenbrock, "An Overview of Soil and Soilless Cultivation Techniques—Chances, Challenges and the Neglected Question of Sustainability," *Plants* 2022, Vol. 11, No. 3, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/plants11091153>.
- [8] T. Hooks, L. Sun, Y. Kong, J. Masabni, and G. Niu, "Effect of Nutrient Solution Cooling in Summer and Heating in Winter on the Performance of Baby Leafy Vegetables in Deep-Water Hydroponic Systems," *Horticulturae*, vol. 8, no. 8, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080749>.
- [9] M. Asaduzzaman, G. Niu, and T. Asao, "Editorial: Nutrients Recycling in Hydroponics: Opportunities and Challenges Toward Sustainable Crop Production Under Controlled Environment Agriculture," *Frontiers in Plant Science*, Vol.13, 2022, doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.845472>.
- [10] S. Sela Saldinger, V. Rodov, D. Kenigsbuch, and A. Bar-Tal, "Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions," *Horticulturae* 2023, Vol.9, No.1, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>.
- [11] R. Siskandar, S. H. Santosa, W. Wiyoto, B. R. Kusumah, and A. P. Hidayat, "Control and Automation: Insmoaf (Integrated Smart Modern Agriculture and Fisheries) on The Greenhouse Model," *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 27, no. 1, 2022, doi: <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.141>.
- [12] Arif Supriyanto and F. Fathurrahmani, "The prototype of the Greenhouse Smart Control and Monitoring System in Hydroponic Plants," *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 10, no. 2, 2019, doi: <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v10i2.3265>.
- [13] M. Ali Al Meselmani, "Nutrient Solution for Hydroponics," in *Recent Research and Advances in Soilless Culture*, 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.101604>.
- [14] M. Majid, J. N. Khan, Q. M. Ahmad Shah, K. Z. Masoodi, B. Afroza, and S. Parvaze, "Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* L., var. Longifolia) and

- comparison with protected soil-based cultivation,” *Agric Water Manag*, vol. 245, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106572>.
- [15] H. Sujadi and N. Yayat, “Smart Greenhouse Monitoring System Based on Internet of Things,” *Journal Of Engineering and Sustainable Technology*, vol. 06, no. 01, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.31949/j-ensitec.v6i01.2020>
- [16] R. Aafreen, S. Y. Neyaz, R. Shamim, and M. S. Beg, “An IoT based system for telemetry and control of Greenhouse environment,” in *Proceedings - 2019 International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering, UPCON 2019*, 2019. doi: <https://doi.org/10.1109/UPCON47278.2019.8980258>.
- [17] Y. Liu, “Smart Greenhouse Monitoring and Controlling based on NodeMCU,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 9, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130970>
- [18] N. Azizah and T. Thamrin, “Penyiraman dan Pemupukan Tanaman Bawang Merah Secara Otomatis Pada Greenhouse Menggunakan Internet of Things (IoT),” *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 9, no. 4, 2021, doi: <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v9i4.114655>.
- [19] A. A. R. Raihan and N. Firmawati, “Rancang Bangun Prototype Sistem Smart Greenhouse Untuk Sayur Bayam (*Amarantus hybridus* l.) Berbasis Internet of Things (IoT),” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 11, no. 4, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.25077/jfu.11.4.494-500.2022>.
- [20] A. Minariyanto, M. Mardiono, and S. W. Lestari, “Perancangan Prototype Sistem Pengendali Otomatis Pada Greenhouse Untuk Tanaman Cabai Berbasis Arduino Dan Internet Of Things (IoT),” *J Teknol*, vol. 7, no. 2, 2020, doi: <https://doi.org/10.31479/jtek.v7i2.50>.
- [21] D. Setyanto and N. Sultan Salahuddin, “Prototipe Monitor dan Kontrol Otomatis Iklim Mikro Greenhouse dengan Platform IoT Blynk Greenhouse Microclimate Automatic Monitor and Control Protoype with Blynk IoT Platform,” *Techno.COM*, Vol. 21, No.1, February 2022, doi: <https://doi.org/10.33633/tc.v21i1.5462>.
- [22] J. Li, Zhen Wang, Fei Lai, MeiCheng Shu, L. Song, Zhilin He, “Simultaneous Analysis of Nine Volatile Phenols in Smoked Meat Products Using an Gas Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Ministry of Agriculture Zhen WANG Ministry of Agriculture Fei LAI Ministry of Agriculture MeiCheng SHU Ministry of Agriculture,” 2022, doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1825936/v1>.