

Sistem Pengawasan Dan Pengelolaan Terarium Inovatif Dengan Multi Sensor Terkendali Mikrokontroler ATMEGA328

Raja Preza Pirdaus¹, Budi Rahmani^{2*}

Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru, Banjarbaru, Indonesia

*Email *Corresponding Author*: budirahmani@gmail.com

Abstract

Refined animals kept in a terrarium need ideal environmental conditions for their survival. Therefore, special care is required in its maintenance. This research aims to develop a terrarium monitoring and control system for reptiles, paying attention to temperature, humidity, and UV radiation. The research method uses a DHT11 sensor to measure temperature and humidity and a UVI sensor to monitor UV radiation, integrated into a prototype based on the ATMEGA328 microcontroller. The temperature setting is connected to the fan and humidifier to maintain the condition of the terrarium. UVA and UVB lights are activated automatically when UV radiation levels outside the terrarium are low. Monitoring and control system test results show sufficient sensor accuracy, although the fan is sometimes not optimal at extreme temperatures, and the humidifier requires regular monitoring. Nonetheless, this system provides an effective solution for controlling the terrarium environment with potential improvements in fan performance and humidifier monitoring. The practical implications can improve the welfare of reptiles in captivity.

Keywords: *Terrarium; DHT11; GUYA S12D; ATMEGA328*

Abstrak

Hewan reptil yang dipelihara dalam sebuah terarium, memiliki kebutuhan kondisi lingkungan yang ideal untuk kelangsungan hidupnya. Karenanya diperlukan perlakuan khusus dalam pemeliharaannya. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan kontrol terrarium untuk hewan reptil, memperhatikan suhu, kelembapan, dan radiasi UV. Metode penelitian melibatkan penggunaan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan serta sensor UVI untuk memantau radiasi UV, diintegrasikan dalam *prototype* berbasis mikrokontroler ATMEGA328. Pengaturan suhu terhubung dengan kipas dan *humidifier* untuk menjaga kondisi terarium. Lampu UVA dan UVB diaktifkan otomatis saat tingkat radiasi UV di luar terrarium rendah. Hasil pengujian sistem monitoring dan kontrol menunjukkan akurasi sensor yang cukup, meskipun kipas kadang tidak optimal pada suhu ekstrem dan humidifier memerlukan pemantauan rutin. Meskipun demikian, sistem ini memberikan solusi efektif untuk mengontrol lingkungan terarium dengan potensi peningkatan pada performa kipas dan pengawasan *humidifier*. Implikasi praktisnya dapat meningkatkan kesejahteraan hewan reptil dalam penangkaran.

Kata Kunci: *Terarium; DHT11; GUYA S12D; ATMEGA328*

1. Pendahuluan

Terarium adalah sebuah habitat kecil tiruan dari hewan khususnya dari golongan reptil dan atau amfibi [1]. Habitat tiruan ini berperan sebagai tempat simulasi yang dirancang agar hewan tersebut dapat menyesuaikan sebagaimana habitat aslinya. Apa beda terarium dan akuarium? Bedanya dengan akuarium adalah bahwa terarium diperuntukkan untuk habitat hewan di darat dan akuarium untuk habitat hewan di dalam air [2]. Seperti disebutkan sebelumnya, kelompok hewan yang biasanya ditempatkan di dalam terarium ini adalah kelompok reptil dan amfibi [2] [3]. Hal tersebut dikarenakan tempat tinggal mereka yang perlu

penanganan khusus terkait kondisi suhu, kelembaban dan bahkan intensitas cahaya yang ditoleransi dan berada pada nilai tertentu [1] [5] [3] [7].

Pertama, untuk kondisi suhu (berikutnya akan disebut variabel suhu) bagi sebagian jenis reptil adalah berbeda antara jenis yang satu dengan lainnya. Karena reptil hewan yang berdarah dingin berarti suhu tubuhnya tidak stabil [4] [5]. Pada siang hari lebih baik terarium di letakan di ruangan yang memiliki suhu 25° - 30° Celsius. Untuk suhu kandangnya disarankan suhunya stabil dan tidak naik secara drastis seperti 15°- 28° Celsius [9]. Untuk tingkat kelembaban terarium disarankan memiliki range 2 – 5%, dan untuk intensitas cahaya untuk kandang terarium pun beragam tergantung jenis reptil apa yang ingin di masukan contohnya ular mulut kapas memerlukan UVI Zone (*ultraviolet index*) di kisaran 0 sampai dengan 0,07 UVI di hari atau tempat mendung dan 0,8 – 1,4 UVI di hari atau tempat yang terbilang terang [4] [10] [11].

Metabolic Bone Disease (MBD) adalah Penyakit yang biasanya sering dikeluhkan pemilik hewan reptil karena kandang berada di ruang tertutup atau tempat hewan tersebut diletakan adalah terrarium tertutup yang tak memiliki lampu UVA dan UVB sehingga hewan reptile kurang mendapat sinar matahari untuk melanjutkan proses metabolisme di dalam tubuh yang berakibat pembengkakan pada tulang pada hewan reptil [12]. Hewan reptil yang terkena MBD memiliki ciri diantaranya adalah terjadi pembengkakan pada salah satu kaki reptil sehingga hewan akan susah bergerak atau bahkan menjadi lumpuh kesakitan. Penanganan suhu dan kelembaban juga perlu diperhatikan karena reptil termasuk hewan berdarah dingin kandang tidak boleh terlalu dingin ataupun terlalu panas karena tekanan suhu dan kelembaban juga bisa berpengaruh kedalam kesenjangan hidupnya seperti ganti kulit, dan bahkan berkembang biak [13].

Permasalahan yang dihadapi dalam pemeliharaan hewan reptil adalah kurangnya pengetahuan mengenai perlu pengecekan perimeter suhu, kelembaban dan cahaya UVA dan UVB untuk memelihara hewan reptil [1] [2] [10]. Pada saat hewan reptil yang tinggal di dalamnya tidak mendapatkan kebutuhan yang cukup maka hewan akan terjangkit penyakit yang dapat menyebabkan kelumpuhan pada hewan itu hingga kematian. Salah satu tujuan penelitian ini adalah membuat terarium yang bisa di kontrol secara otomatis untuk menyalakan kipas sebagai pengatur suhu dan kelembaban, dan menyalakan lampu UVA dan UVB untuk kebutuhan perimeter terarium tadi. Penelitian ini akan menggunakan ATMEGA328 sebagai mikrokontroler, *relay 4 channel* sebagai penghubung lampu UVA UVB, dan Fan, serta LCD untuk menunjukkan angka inputan sensor yang sudah terkalibrasi. Pada penelitian [8] tidak disebutkan bagaimana sensor bisa terkalibrasi dan tidak disebutkan juga selisih error pada sensor dengan alat ukur asli dan tidak diketahui pula jenis lampu yang digunakan tanpa tau UVA dan UVB nya sehingga inilah yang akan menjadi fokus penelitian ini yaitu mencari selisih angka pada sensor dan bagaimana kalibrasi dilakukan [15]. Acuan angka dalam menentukan batas atau pemicu gerak sensor tidak menggunakan hewan aslinya tetapi referensi bagaimana habitat normal pada hewan yang digunakan nanti. Acuan hewan yang di maksud adalah *Corn Snake*, maka batas suhu maksimalnya adalah 29°C, serta untuk batas kelembaban yang disarankan adalah 40% dan kadar cahaya UVI yang disarankan apabila tidak menggunakan lampu adalah 1.7 [4]. Maka hal tersebut yang akan menjadi fokus penelitian ini. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukan tingkat akurasi sensor dan membantu dalam penanganan terarium khusus hewan reptil [1].

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian terkait terarium pernah dilakukan oleh [8] yang menitikberatkan pada pengaturan suhu terarium dan pemberian pakan terjadwal menggunakan Arduino Uno. Alat yang dirancang melibatkan servo motor untuk pemberian makan terjadwal dan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembaban [16]. Meskipun demikian, penelitian ini tidak menyebutkan metode kalibrasi sensor suhu dan tidak memberikan informasi mengenai angka *error* setelah sensor terkalibrasi [3]. Penelitian [2] berfokus pada sistem pengontrol suhu untuk pemeliharaan kura-kura. Alat ini dapat mengaktifkan *heater* saat suhu terlalu dingin dan mematikannya ketika terlalu panas menggunakan sensor suhu [15]. Meskipun mencakup masukan dari sensor kelembaban dan cahaya, kekurangannya terletak pada absennya LCD monitor untuk menampilkan data secara langsung, serta hanya dapat dilihat melalui aplikasi. Rata-rata *error* pada sensor suhu dilaporkan sebesar 0.41 [4]. Penelitian [1] menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dalam terarium sebagai demonstrasi efek pemanasan

global [1] [17]. Penelitian ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 dapat digunakan dalam terrarium untuk keperluan peragaan materi pemanasan global, meskipun pengecekan kalibrasi sensor menggunakan thermometer ruang tidak memberikan informasi detail mengenai merek dan menghasilkan kesimpulan bahwa sensor DHT11 mendekati 95% akurasi [5].

Indeks UV adalah angka tanpa satuan untuk menjelaskan tingkat paparan radiasi sinar ultraviolet yang berkaitan dengan kesehatan manusia. Dengan mengetahui UV index kita bisa memantau tingkat sinar ultraviolet yang bermanfaat dan yang dapat memberikan bahaya. Setiap skala ada UV Indeks setara dengan 0.025 Wm² radiasi sinar ultraviolet. Skala tersebut diperoleh berdasarkan fluks spektral radiasi UV dengan fungsi yang sesuai dengan efek fotobiologis pada kulit manusia, terintegrasi antara 250 dan 400 nm. Karena hewan di teliti adalah reptil maka alat yang digunakan adalah alat ukur UVI untuk reptil, maka alat yang digunakan haruslah sesuai dengan integrasi pengukuran UVI pada reptil. Untuk Proses pengukuran di dalam Terrarium akan digunakan Sensor GUVA-S12D dengan alat ukur sebagai perbandingan adalah UVI Meter KF90 dari *Precise Technology* [11].

Suhu menyatakan tingkat energi bahan rata-rata suatu benda, ini akan dinyatakan dalam satuan derajat. Ada tiga macam satuan penggolongan suhu yang umum, yaitu *Reamur*, *Fahrenheit*, dan *Celsius*. Namun yang paling populer adalah *Fahrenheit* dan *Celsius*. Kelembaban adalah konsentrasi kandungan dari uap air yang ada di udara. Uap air yang terdapat dalam atmosfer bisa berubah wujud menjadi cair atau padat, yang pada akhirnya jatuh ke bumi yang dikenal sebagai hujan. Angka konsentrasi ini dapat diekspresikan dalam kelembaban absolut, kelembaban spesifik atau kelembaban relatif. Alat untuk mengukur kelembaban disebut higrometer [18]. Sebuah humidistat digunakan untuk mengatur tingkat kelembaban udara dalam sebuah bangunan dengan sebuah penurun kelembaban (*dehumidifier*). Dapat dianalogikan dengan sebuah termometer dan termostat untuk suhu udara. Perubahan tekanan sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu. Konsentrasi air di udara pada tingkat permukaan laut dapat mencapai 3% pada 30 °C (86 °F), dan tidak melebihi 0,5% pada 0 °C (32 °F). Suhu dan Kelembaban Sangatlah penting dalam menciptakan terrarium yang sesuai seperti habitat asli terrarium, agar hewan di dalamnya bisa hidup dengan betah dan nyaman, Sensor yang akan di gunakan dalam penelitian ini adalah Sensor DHT11 karena bisa mengukur suhu dan kelembaban dan alat perbandingan untuk uji kalibrasi yang digunakan adalah *thermometer + Hygrometer HTC-01* [12] [18] [19].

Penelitian [5] menyoroti penggunaan Arduino dalam merancang terrarium otomatis untuk bayi kura-kura [3]. Meskipun mampu mengukur suhu dan kelembaban, terdapat selisih akurasi sekitar 0,94 dengan thermometer Az-HT-02 [6]. Perbedaan utama penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada fokusnya pada kalibrasi sensor suhu, penentuan batas suhu dan kelembaban berdasarkan referensi habitat *Corn Snake*, dan pemantauan tingkat cahaya UVI [10]. Penelitian ini diharapkan dapat mengatasi kekurangan-kekurangan yang ada dan memberikan kontribusi yang lebih holistik dalam pengelolaan lingkungan terrarium untuk hewan reptil [3].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini berjenis *Research and Development (R&D)* dengan langkah untuk menghasilkan produk baru atau mengembangkan dan menyempurnakan produk yang telah ada guna diuji keefektifannya. Pada tulisan ini dibahas tentang rancang bangun prototipe sistem monitoring dan kontrol terrarium untuk tempat tinggal hewan reptil dan sistem yang dibangun dapat mematikan dan menyalakan lampu UVA dan UVB reptil serta *fan* atau kipas di dalam terrarium secara otomatis ketika alat sudah terhubung ke listrik. Untuk merancang sistem ini diperlukan kebutuhan komponen, mendesain rancangan prototipe, membuat sistem mekanik, pemrograman, dan tahap akhir melakukan pengujian alat serta mencari nilai ukur perbandingan error pada sensor dengan alat ukur asli [10] [20].

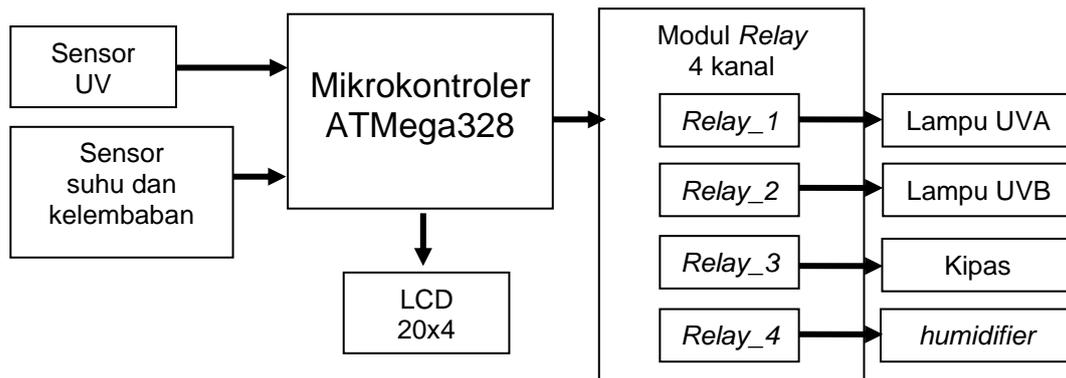
3.1. Keperluan perangkat keras

Penelitian yang telah dilakukan memerlukan beberapa perangkat keras diantaranya: Sensor GUVA-S12SD, Sensor DHT11, Arduino Uno R3 dengan ATmega328, LCD 20x4 dan 12C, Modul Relay 4 *channel*, *Jumper set*, *Buzzer*, *Adaptor* 9V dan 24V, *LID*, *Tank*, Mur dan Baut yang masing-masing 1 buah atau satu set [1] [7] [8] [22]–[24].

3.2. Rancangan sistem

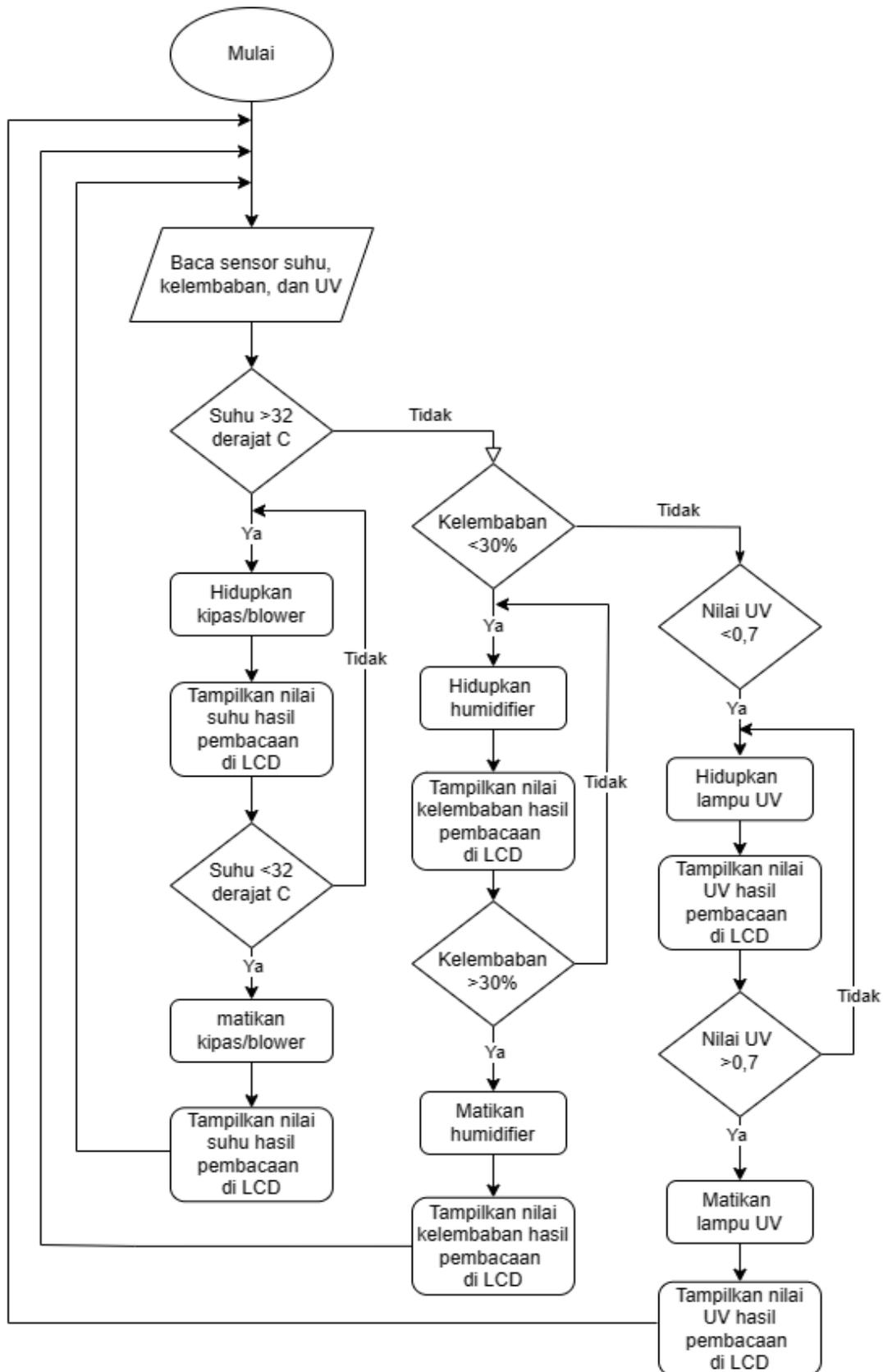
Blok diagram dari sistem yang dibangun diperlihatkan pada Gambar 1. Semua sensor dihubungkan melalui port digital dan analog pada mikrokontroler yang digunakan, yaitu ATmega328. Tampilan aktifitas kontrol di sistem dapat dilihat di LCD yang digunakan. Sedangkan reaksi atas kontrol yang dilakukan oleh sistem diberikan kepada 4 perangkat diantaranya lampu UVA dan UVB serta kipas angin dan *humidifier* dalam hal ini berbentuk sprayer air bersih. Pada dasarnya apabila nilai UVI terdeteksi lebih dari 1.3 maka lampu UVA dan UVB akan mati, dan sebaliknya apabila UVI berada angka lebih dari 1,3 maka lampu UVA dan UVB akan mati. Apabila suhu berada diatas 30 derajat maka kipas akan menyala dan apabila suhu berada di bawah 30 derajat celsius maka kipas akan mati. Apabila kelembapan di bawah 70% maka Humidifier akan menyala dan begitu pula sebaliknya.

Sedangkan aliran kinerja sistem kontrol yang telah dirancang bangun diperlihatkan pada Gambar 2. Sistem diprogram agar dapat mendeteksi perubahan suhu, kelembapan, dan bahkan UV secara otomatis untuk menghidupkan kipas dan humidifier serta lampu apabila hasil masukan yang diterima oleh mikrokontroler dari sensor kurang dari batas yang telah ditentukan. Sedangkan acuan batas masukan dari sensor adalah hewan *reptile Leopard Gecko* karena hewan ini memiliki toleransi yang tinggi terhadap keringnya sebuah tempat tinggal selama kelembapan berada diatas angka 40%. Namun yang perlu diperhatikan adalah suhu, ketika suhu menyentuh 32°C serta angka agar hewan ini tidak memerlukan lampu UVA dan UVB 0,7 pada sinar matahari langsung. Program pada sistem juga dapat mengatur suhu dan kelembapan secara bergantian agar tidak terjadi bentrok antara humidifier dan kipas. Prioritas yang lebih diutamakan adalah kipas, apabila kipas menyala maka humidifier akan mati dan apabila humidifier sedang menyala maka kipas akan mati sampai kelembapan sudah normal kembali.



Gambar 1. Blok diagram sistem yang dibangun

Kemudian Gambar 2 memberikan informasi terkait diagram alir sistem yang dibangun dan diujicoba. Gambar 2 tersebut menggambarkan proses kontrol lingkungan yang melibatkan pembacaan sensor suhu, kelembapan, dan UV serta respons yang sesuai berdasarkan kondisi yang diukur. Proses dimulai dengan langkah "Mulai", di mana sistem memulai eksekusi. Selanjutnya, sistem membaca data dari sensor suhu, kelembapan, dan UV dalam langkah "Baca Sensor Suhu, Kelembapan, dan UV". Setelah mendapatkan data, langkah "Evaluasi Kondisi" dilakukan, di mana sistem mengevaluasi kondisi lingkungan berdasarkan nilai yang diperoleh dari sensor. Misalnya, jika suhu melebihi 32 derajat C, sistem akan menghidupkan kipas atau blower untuk menjaga suhu tetap dalam batas yang nyaman. Selain itu, jika kelembapan melebihi 30%, humidifier akan dimatikan untuk menghindari kelembapan berlebih. Begitu pula, jika nilai UV melebihi 0,7, lampu UV akan dimatikan untuk mengurangi paparan radiasi ultraviolet yang berlebihan. Setelah respons terhadap kondisi dieksekusi, nilai suhu, kelembapan, dan UV yang terukur ditampilkan di layar LCD dalam langkah "Tampilkan Nilai Pembacaan di LCD". Proses berakhir dengan langkah "Selesai", menandakan bahwa eksekusi proses telah selesai. Dengan demikian, diagram alir ini menggambarkan langkah-langkah yang diperlukan untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan dengan memanfaatkan data dari sensor dan meresponsnya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. Diagram Alir sistem yang dibangun

3.3. Kalibrasi sensor-sensor

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa sensor yang digunakan memberikan masukan yang sesuai kepada mikrokontroler. Untuk keperluan tersebut penelitian ini telah melakukan serangkaian ujicoba sensor dan kemudian melakukan kalibrasi guna menentukan parameter yang tepat, agar proses penginderaan berbagai besaran nantinya dapat dilakukan dengan benar. Proses ini melibatkan alat ukur besaran seperti termometer sekaligus penunjuk tingkat kelembaban, dan UV meter yang dijual dipasaran untuk dibandingkan hasilnya dengan apa yang kemudian dibaca oleh sensor yang digunakan serta diprogram menggunakan mikrokontroler ATMEga328.



Gambar 3. Alat ukur KF90 UVI and Radiation Meter



Gambar 4. Alat ukur suhu dan kelembaban seri HTC-1 KF90 UVI and Radiation Meter

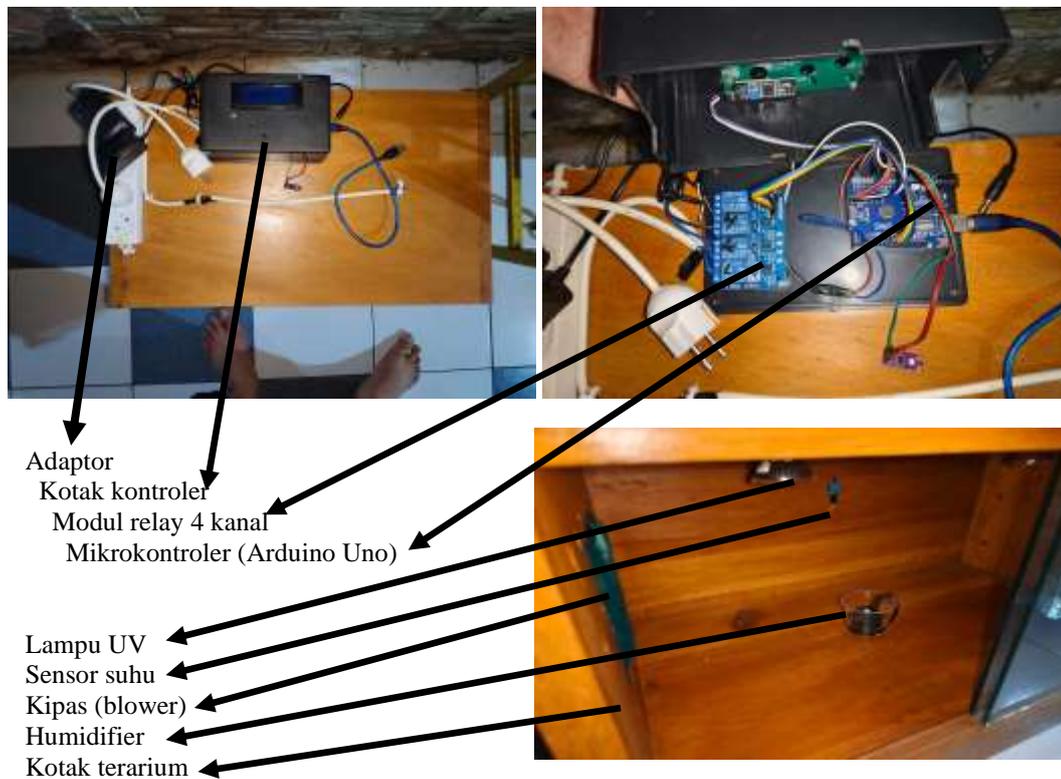
Alat ukur yang digunakan salah satunya adalah KF-90 dari Precise Technology yang untuk pengukuran nilai sinar UVI dan atau nilai radiasi sinar UVI. Pada Gambar 3 diperlihatkan sebuah alat ukur KF90 dari *Precise Technology* dari China. Alat ukur UVI ini yang digunakan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor, khususnya dalam pengujian sensor S12D – GUVVA. Spesifikasi alat ukur ini adalah sebagai berikut: terbuat dari bahan ABS dengan warna hitam, dilengkapi dengan jendela tampilan berukuran 2.2 inci. Alat ini memiliki tegangan kerja sebesar 5V dan pita pengukuran 350 hingga 380 nano. Untuk dayanya, menggunakan 2 baterai AAA (tidak termasuk) dengan tingkat kesalahan deteksi kurang dari 15% dan kecepatan

pengambilan sampel kurang dari 3 detik. Rentang deteksi mencakup 0 hingga 2200-3000uw/cm² dengan waktu siaga selama 2-3 jam. Alat ini memiliki jenis tampilan digital dengan prinsip layar LCD dan deteksi menggunakan analisis dan deteksi pencahayaan berbasis teknologi sensor aplikasi. Dimensi barangnya adalah 127*54*18mm / 5.0*2.1*0.7 inci dengan berat 96g / 3.4 ons, sedangkan ukuran pakatnya 145*58*24mm / 5.7*2.3*0.9 inci dengan berat paket 81g / 2.9 ons.

Alat ukur HTC-1 yang ditunjukkan pada Gambar 4 merupakan alat untuk mengukur suhu dan kelembaban yang akan digunakan dalam pengujian sensor DHT11. Spesifikasi alat ini mencakup rentang ukuran temperatur dari -10°C hingga 50°C dengan resolusi 0.1°C, dan rentang ukuran kelembaban dari 10% hingga 99% dengan resolusi 1%. Selain itu, alat ini juga dapat menampilkan waktu dalam format jam dan menit, dengan pilihan format 24 jam atau 12 jam (AM/PM). Untuk dayanya, alat ini menggunakan baterai AAA 1.5V yang sudah termasuk dalam paket penjualan.

3.4. Rancangan fisik terarium untuk pengujian

Gambar 5 menunjukkan terarium yang diujicoba dengan komponen sensor dan juga aktuator pembentuknya, termasuk bagian dalam terarium dimana binatang reftil diletakkan. Namun pada penelitian ini tidak digunakan hewan reftil yang sebenarnya karena menghindari terjadinya proses diluar kondisi normal yang cenderung akan menyiksa atau menyakitinya.



Gambar 5. Terarium yang diujicoba dalam penelitian beserta komponennya

Beberapa komponen yang ada di beberapa bagian dari Gambar 5 diantaranya adalah adaptor 24 Volt 1A dan 9 Volt 1 A. Adaptor 24 Volt berfungsi untuk menyuplai listrik ke relay yang terhubung ke pin humidifier dan kipas, bertugas menghidupkan humidifier dan fan. Sementara Adaptor 9 Volt berperan dalam memberikan daya ke Mikrokontroler agar dapat beroperasi tanpa perlu terhubung ke laptop. Terdapat juga 2 steker berwarna putih yang digunakan untuk mengalirkan listrik ke relay lampu, dan 1 Steker lainnya berfungsi sebagai sumber listrik untuk Prototype ini. Pada bagian atas Prototype terdapat sensor GUVa yang berfungsi untuk mengukur UVI, serta LCD 20x4 yang menampilkan hasil pengukuran ke layar LCD. Di belakang LCD, terdapat kotak plastik dari sisa *toolbox* pribadi yang tidak terpakai,

dengan dimensi Panjang 18 cm, Lebar 11 cm, dan Tinggi 6.5 cm. Box Arduino dibuat sepenuhnya dari plastik, dengan lubang di bagian tengah depan sebagai tempat LCD ditempatkan.

Selain itu pada Gambar 5 juga ditunjukkan modul pengendali berupa mikrokontroler ATmega328 (Arduino Uno) yang terhubung dengan kabel *male to male* menuju modul relay 4 kanal. Kemudian juga ke sensor S12D GUVA, LCD, dan sensor DHT11. Bagian dalam relay juga terhubung ke steker untuk pemutus atau penyambung aliran listrik lampu UV dan Adaptor 24 Volt untuk humidifier dan kipas. Pada bagian kanan dari Arduino Uno ada sambungan untuk menghubungkan daya listrik ke adaptor 9 Volt dan terdapat juga kabel USB untuk pemrograman ke mikrokontroler (Arduino Uno). Lampu UVA dan UVB dipasang di bagian atas dalam terrarium yang masing-masing memiliki jarak 28 cm dan masing-masing 11 cm dari samping kiri ataupun kanan terrarium. Pada bagian bawah terdapat *humidifier* yang sudah terhubung dari bawah terrarium yang posisinya berada pada tengah-tengah terrarium dengan dari kepanjangan 25 cm dan kelebaran 20 cm di tengah – tengah terrarium. Dari bagian kanan terdapat fan yang tertutup jaring yang berada posisi tengah terrarium dari samping kiri pada kelebaran 10.5 dan tinggi 10.5 dari lebar 35 cm dan 35 cm tinggi terrarium. dari humidifier belakang humidifier terdapat sensor DHT11 yang berfungsi mengukur suhu dan kelembapan dalam terrarium dan sensor di letakan pas di tengah – tengah Panjang dan tinggi terrarium yaitu pada posisi 28 cm dan 20 cm dari panjang dan tinggi terrarium yaitu 60 cm dan 30 cm.

3.5. Metode pengumpulan data pengujian

Data yang dikumpulkan diperoleh dengan melakukan berbagai simulasi terhadap sistem atau alat yang dibangun, terutama untuk kondisi-kondisi kritis semisal naiknya suhu terrarium, berkurangnya kelembapan, termasuk perubahan nilai UVA maupun UVB. Hal ini disajikan dalam bentuk-tabel hasil pengukuran. Kemudian sesuai dengan keterangan yang disampaikan sebelumnya bahwa, penelitian ini menyertakan juga proses kalibrasi senso-sensor yang digunakan dalam pengumpulan data pengujian.

4. Hasil dan Pembahasan

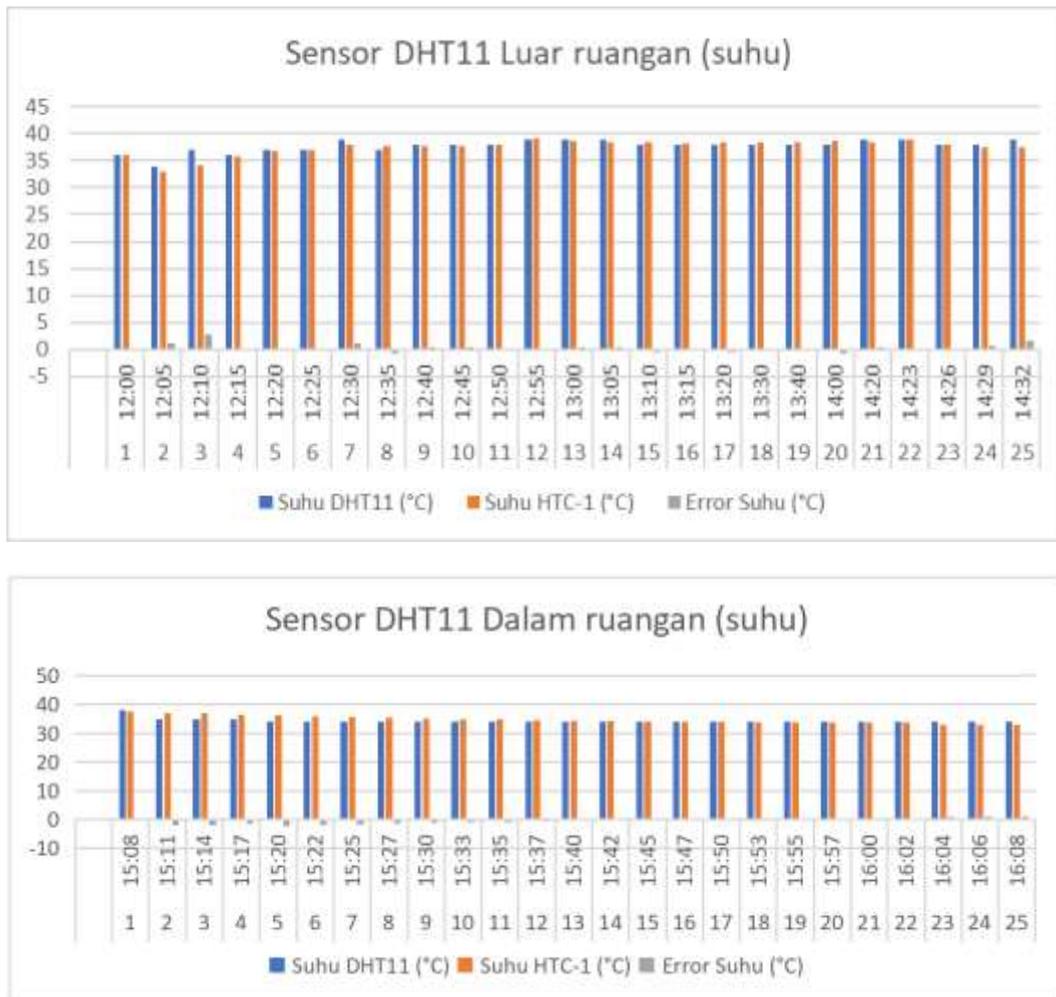
4.1. Hasil kalibrasi dan pengujian sensor yang digunakan

Pengujian sensor suhu menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dalam penelitian ini. Sensor DHT11, baik yang ditempatkan di dalam ruangan maupun di luar ruangan, memberikan hasil yang konsisten dan selisih yang relatif kecil yaitu tidak lebih dari 5°C. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor DHT11 mampu memberikan hasil pengukuran yang dapat diandalkan dalam berbagai kondisi lingkungan.

Dalam membandingkan hasil pengukuran dengan alat ukur suhu yang tersedia di pasaran, sensor DHT11 juga menunjukkan kinerja yang sangat baik. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka bahwa nilai suhu pada pengukuran menggunakan sensor DHT11 tidak jauh berbeda dengan alat ukur suhu yang umumnya tersedia di pasaran. Bahkan, di beberapa kasus sensor DHT11 memberikan hasil yang lebih baik dalam hal akurasi dan konsistensi.

Pengujian ini memberikan hasil yang optimis dan menjanjikan terkait dengan kinerja sensor suhu, khususnya Sensor DHT11. Hasil pengukuran yang konsisten dan akurat menunjukkan bahwa sensor ini dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi, baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Secara grafis perbandingan hasil pengujian sensor suhu dengan hasil pengukuran oleh alat ukur HTC-1 ditunjukkan pada Gambar 6.

Berikutnya adalah pengujian sensor UVI. Pengujian sensor UVI (Ultraviolet Index) dan kalibrasinya dibandingkan dengan alat ukur yang dijual di pasaran menunjukkan beberapa hasil yang menarik. Gambar 4.15 menampilkan perbandingan antara sensor GUVA-S12D dan alat ukur KF-90. Hasil pengukuran sensor GUVA-S12D menunjukkan tingkat stabilitas yang dapat diandalkan, mengindikasikan konsistensi dalam mengukur tingkat radiasi ultraviolet. Namun demikian, penting untuk dicatat bahwa sensor UVI hanya dapat melakukan pengukuran di luar ruangan, sehingga pengukuran di dalam ruangan hanya menghasilkan nilai 0 dan tidak memerlukan pengukuran lebih lanjut. Grafik hasil pengujian sensor UVI ini ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik hasil uji sensor suhu DHT11 dibandingkan dengan alat ukur suhu dan kelembaban HTC-1

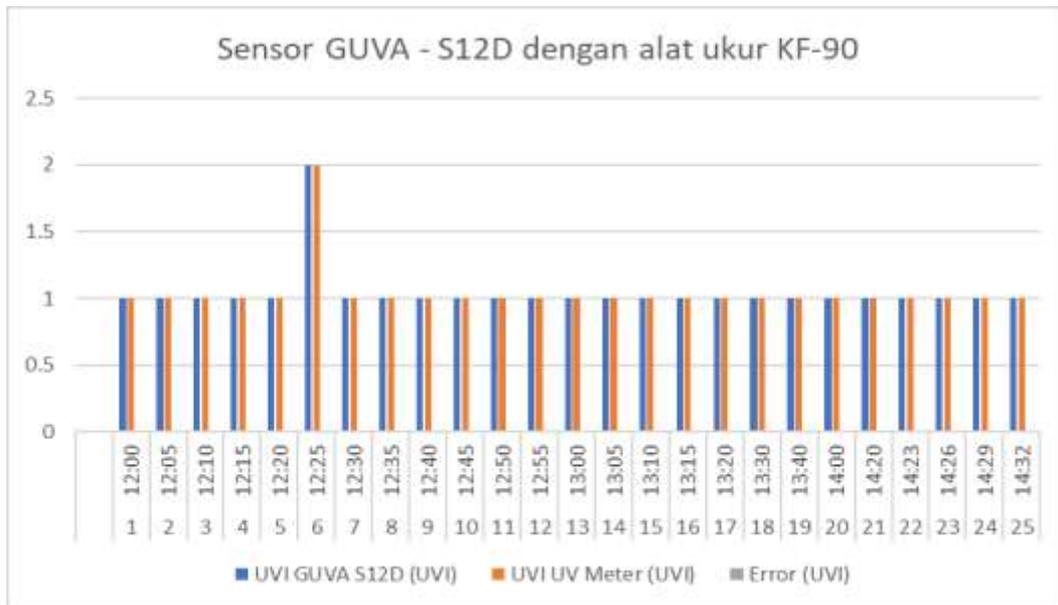
Perbandingan antara sensor GUA-S12D dan alat ukur KF-90 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hasil pengukuran. Meskipun demikian, adanya selisih dalam hasil pengukuran menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut pada kedua alat tersebut. Meskipun kinerja sensor GUA-S12D sudah dapat dianggap memuaskan dalam pengukuran stabilnya, adanya selisih dalam hasil pengukuran mengindikasikan bahwa masih ada potensi untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi.

Dalam konteks pengembangan sensor dan alat ukur, adanya selisih dalam hasil pengukuran adalah hal yang normal dan diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat peluang untuk terus mengembangkan dan meningkatkan kinerja sensor dan alat ukur tersebut. Dengan demikian, pengujian ini memberikan pandangan yang optimis terhadap potensi pengembangan lebih lanjut dalam pengukuran radiasi ultraviolet dan penyempurnaan kalibrasi sensor.

Hasil pengujian sensor suhu DHT11 menunjukkan konsistensi dan akurasi yang tinggi. Baik saat ditempatkan di dalam maupun di luar ruangan, sensor ini memberikan perbedaan suhu yang tidak signifikan, menegaskan keandalannya dalam berbagai kondisi lingkungan. Dalam perbandingan dengan alat ukur suhu yang ada di pasaran, Sensor DHT11 bahkan mungkin menunjukkan kinerja yang lebih baik.

Di sisi lain, pengujian sensor UVI dengan menggunakan sensor GUA-S12D menunjukkan tingkat stabilitas yang konsisten dalam mengukur radiasi ultraviolet. Meskipun tidak ada perbedaan signifikan antara hasil pengukuran sensor GUA-S12D dan alat ukur

KF-90, penelitian ini menyoroti potensi untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam pengukuran lebih lanjut



Gambar 7. Grafik hasil uji sensor UVI GUYA-S12D dibandingkan dengan alat ukur KF-90

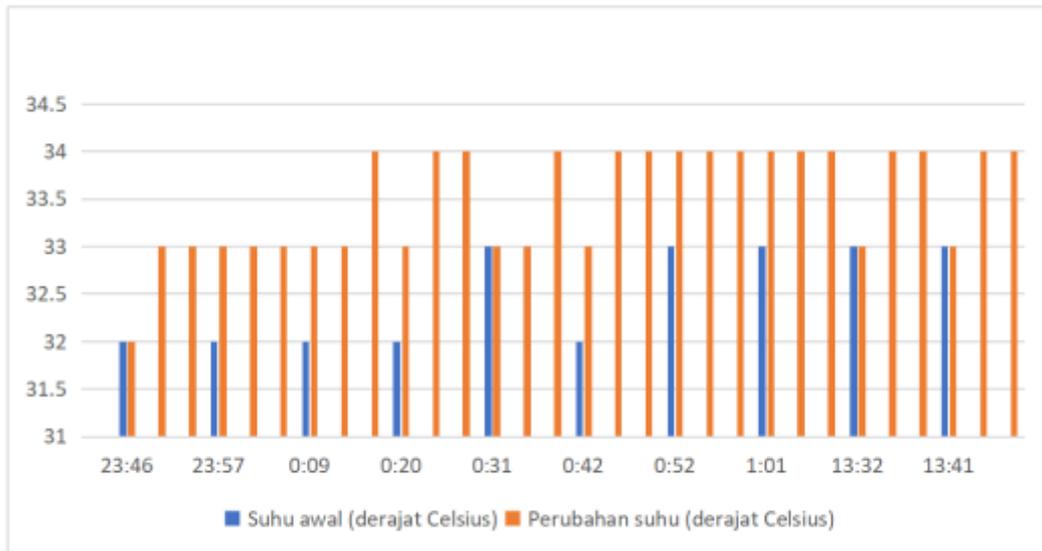
Hasil proses kalibrasi sensor ini yang kemudian telah dibuktikan pada penelitian ini dan tidak dibahas atau dibuktikan di penelitian sebelumnya [8]. Ini sebagai bukti pembeda antara penelitian ini dengan penelitian [8]. Selanjutnya dengan menekankan kinerja yang memuaskan dari sensor suhu dan potensi pengembangan lebih lanjut dalam pengukuran radiasi ultraviolet, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi sensor. Ini memberikan keyakinan kepada pembaca bahwa hasil penelitian memiliki nilai nyata dalam memperbaiki teknologi sensor yang ada dan membuka jalan menuju inovasi yang lebih baik di masa depan.

4.2. Pengujian kontrol terhadap suhu

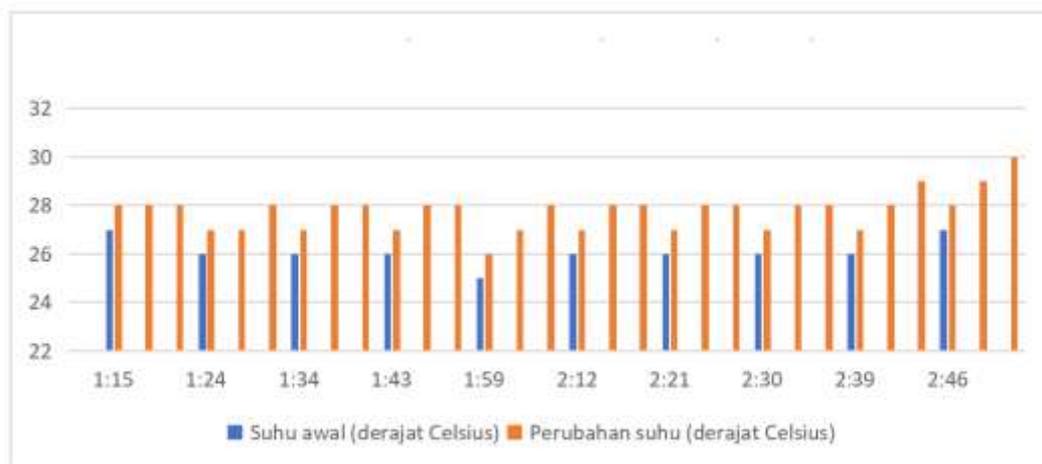
Setelah mencapai stabilitas yang dianggap sebagai patokan, sensor-sensor diuji untuk melihat responsnya terhadap perubahan suhu menggunakan kipas angin sebagai aktuator. Setiap sensor melalui pengujian dengan alur pemrograman yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengujian mencakup penggunaan kipas untuk menurunkan suhu, lampu untuk mengurangi kelembaban dan meningkatkan suhu, serta humidifier untuk meningkatkan kelembaban. Selain itu, sensor UVI juga diuji untuk mengendalikan aktivasi dan deaktivasi lampu.

Pengujian difokuskan pada menciptakan kondisi yang ideal untuk *Corn Snake*, dengan rentang suhu yang diinginkan antara 29°C hingga 32°C dan kelembaban antara 40% hingga 70%. Target UVI yang diharapkan adalah 1.7, yang kemudian dibulatkan menjadi 2 UVI karena keterbatasan pengukuran menggunakan alat. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan durasi pengujian selama 3 menit, dan kesimpulan diambil dari setiap hasil pengukuran.

Gambar 8 menunjukkan fungsionalitas proses kontrol suhu yang dilakukan.. Terlihat bahwa penggunaan kipas yang digunakan dalam penelitian ini tidak secara signifikan dapat menyesuaikan suhu ke nilai ideal. Bahkan, suhu di dalam terrarium cenderung meningkat. Ini disebabkan oleh suhu eksternal yang ekstrim yang mempengaruhi suhu internal terrarium. Meskipun demikian, kipas berhasil mencegah kenaikan suhu secara drastis, meskipun tidak berhasil menurunkan suhu sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dikarenakan ukuran kipas yang belum cukup untuk secara praktis menurunkan suhu di dalam terrarium dalam waktu yang lebih cepat. Namun secara fungsionalitas dan juga fungsi sistem pada bagian ini telah berjalan sesuai dengan algoritme yang dituangkan dalam program. Sumbu x menunjukkan waktu pengujian, dan sumbu y adalah nilai temperatur dalam derajat *celcius*.



Gambar 8. Grafik hasil uji mengontrol kipas dalam rangka menurunkan suhu terarium



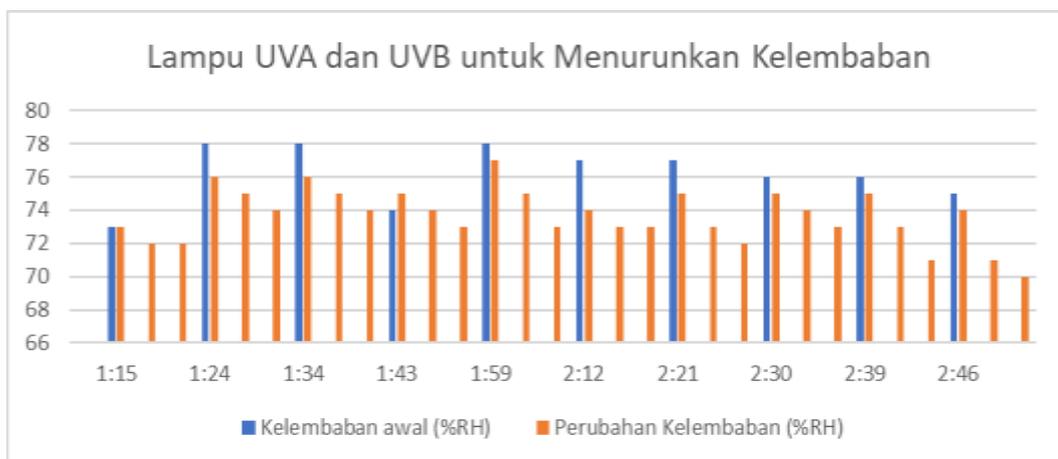
Gambar 9. Grafik hasil uji mengontrol lampu UVA-UVB untuk menaikkan suhu terarium

Gambar 9 menunjukkan grafik hasil pengujian yang menyoroti efektivitas penggunaan lampu UVA dan UVB dalam meningkatkan suhu dalam terarium. Sumbu x menunjukkan waktu pengujian, yaitu pada siang hari. Sedangkan sumbu y menunjukkan nilai suhu dalam satuan derajat Celsius. Berdasarkan pengujian terhadap sistem yang memantau tingkat suhu dalam terarium, maka melalui kontrol yang dilakukan oleh mikrokontroler, radiasi dari kedua jenis lampu tersebut memperlihatkan pengaruh yang signifikan terhadap lingkungan terarium. Pengamatan terhadap perubahan suhu menunjukkan bahwa dalam waktu tiga menit paparan, lampu mampu secara drastis meningkatkan suhu dalam terarium. Bahkan, tercatat bahwa dalam periode tersebut, suhu dapat mencapai titik optimal yang telah ditentukan sebelumnya. Temuan ini menggarisbawahi potensi lampu UVA dan UVB dalam menciptakan kondisi lingkungan yang ideal untuk hewan atau tanaman dalam terarium. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan lampu ini tidak hanya memengaruhi suhu secara langsung, tetapi juga memiliki dampak yang signifikan terhadap kesejahteraan dan pertumbuhan organisme yang ditempatkan di dalamnya.

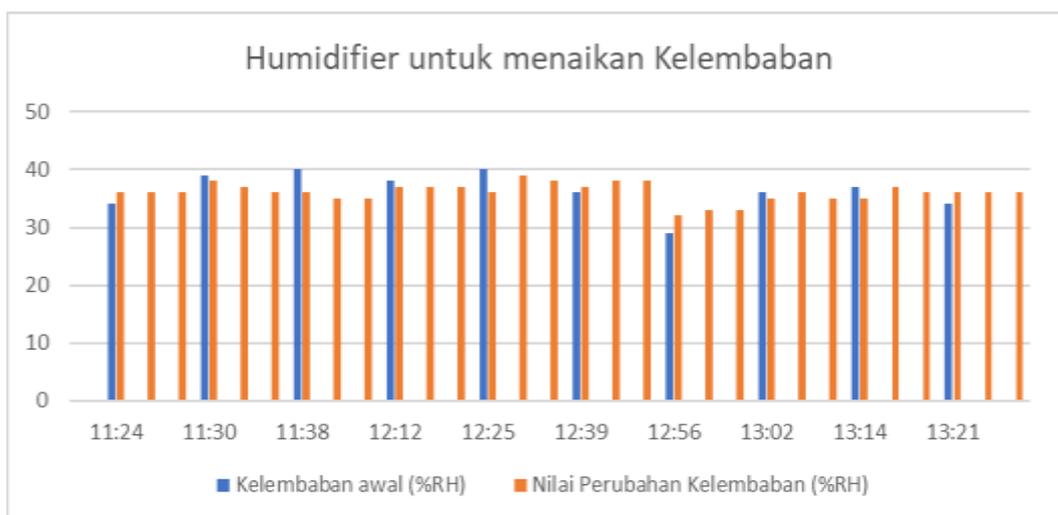
Gambar 10 dan Gambar 11 masing-masing menunjukkan hasil pengujian terhadap kontrol kelembaban, baik menggunakan lampu UVA-UVB dan atau humidifier sendiri. Sumbu x menunjukkan waktu pengujian, dan sumbu y adalah nilai kelembaban dalam satuan persen. Hasil pengujian menunjukkan dampak yang signifikan dari penggunaan lampu dan humidifier

terhadap perubahan kelembapan dalam terrarium. Penggunaan lampu, seperti yang terlihat dalam Gambar 10. Grafik hasil uji mengontrol lampu UVA-UVB untuk menurunkan kelembapan, menunjukkan bahwa lampu memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan kelembapan. Meskipun demikian, dalam waktu 3 menit, lampu belum mampu menurunkan kelembapan secara signifikan menjadi 40%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun lampu memiliki efek pada kelembapan, dibutuhkan waktu yang lebih lama atau pengaturan yang lebih tepat untuk mencapai tingkat kelembapan yang diinginkan.

Sementara itu, penggunaan humidifier, seperti yang terlihat dalam Gambar 11. Grafik hasil uji mengontrol *humidifier* untuk untuk menaikkan kelembapan, menunjukkan bahwa humidifier memiliki dampak yang lebih cepat terhadap perubahan kelembapan. Dalam waktu 3 menit, humidifier mampu meningkatkan kelembapan secara bertahap. Namun, hasil peningkatan kelembapan masih belum stabil karena ukuran terrarium yang terlalu luas untuk alat sekecil humidifier tersebut bekerja sendirian. Hal ini menunjukkan bahwa sementara humidifier dapat meningkatkan kelembapan dengan cepat, keberhasilannya dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ukuran terrarium dan kapasitas alat.



Gambar 10. Grafik hasil uji mengontrol lampu UVA-UVB untuk menurunkan kelembapan



Gambar 11. Grafik hasil uji mengontrol *humidifier* untuk untuk menaikkan kelembapan

Dari hasil pengujian ini, didapati bahwa baik lampu maupun humidifier memiliki potensi untuk memengaruhi kelembapan dalam terrarium, namun efektivitasnya tergantung pada waktu, pengaturan, dan kondisi lingkungan tertentu. Kesimpulan ini menggarisbawahi pentingnya

pemahaman yang lebih dalam tentang interaksi antara alat dan lingkungan untuk mencapai tingkat kelembaban yang diinginkan dalam terrarium.

Berdasarkan pengujian-pengujian dan juga kalibrasi sebelum pengujian, maka hasil penelitian ini menyampaikan terkait efektivitas sensor dan aktuator dalam menciptakan kondisi optimal bagi hewan *Corn Snake* dalam suatu lingkungan terkontrol, terutama dalam hal suhu dan kelembaban. Eksperimen ini melibatkan penggunaan berbagai alat, seperti kipas, lampu UVA-UVB, dan humidifier, yang diuji dalam berbagai skenario untuk mengukur responsnya terhadap perubahan suhu dan kelembaban. Temuan utama menunjukkan bahwa meskipun kipas memiliki fungsi dalam mengatur suhu, keterbatasan ukuran alat tersebut menghambat kemampuannya dalam menurunkan suhu secara signifikan. Sebaliknya, lampu UVA-UVB dan humidifier menunjukkan potensi yang signifikan dalam memengaruhi kondisi lingkungan, dengan lampu UVA-UVB mampu meningkatkan suhu secara cepat dalam jangka waktu singkat, sementara humidifier dapat meningkatkan kelembaban secara efisien, meskipun pengaruhnya dapat dipengaruhi oleh variabel seperti ukuran terrarium dan kapasitas alat. Temuan ini menyoroti pentingnya pemahaman yang komprehensif tentang interaksi antara alat dan lingkungan dalam konteks mencapai kondisi lingkungan yang optimal dalam terrarium. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam memperdalam pemahaman tentang dinamika kontrol lingkungan dalam konteks kesejahteraan hewan peliharaan.

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan mampu berfungsi sesuai dengan perintah yang telah diprogram, meskipun terdapat tantangan terkait dengan bentrokan program yang dapat diatasi dengan integrasi RTC *module*. Pengujian menunjukkan bahwa kondisi ekstrim suhu dan kelembaban luar mempengaruhi kinerja alat, mendorong perlunya pengembangan alat dengan daya dan kekuatan yang lebih besar. Meskipun demikian, sensor suhu, kelembaban, dan UVI terbukti stabil dan memberikan data input yang akurat. Selain itu, prototipe memiliki sifat autonom yang memungkinkannya untuk beroperasi secara mandiri setelah dihubungkan dengan sumber listrik, dengan fleksibilitas untuk pengaturan ulang program menggunakan laptop atau adaptor 9V. Kesimpulan-kelompok ini menyediakan landasan yang kuat untuk penelitian lanjutan dan potensial publikasi internasional dalam bidang teknologi dan ilmu terkait.

Daftar Referensi

- [1] V. N. Saputri and M. Anggaryani, "Pengembangan Terarium Biekosistem Pada Materi Pemanasan Global Kelas Xi Sma," *Inov. Pendidik. Fis.*, vol. 09, no. 02, pp. 149–156, 2020, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/inovasi-pendidikan-fisika/article/view/34076>.
- [2] K. P. Pongmasak, S. Rostianingsih, and I. Sugiarto, "Aplikasi Sistem Pengontrolan Turtle Tub Untuk Pemeliharaan Kura-Kura Red Belly Nelsoni Dengan Arduino," *INFRA*, vol. 10, no. 2, 2022, [Online]. Available: <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-informatika/article/view/12640>.
- [3] F. B. Rianto, N. B. A. Karna, and D. Arseno, "Implementasi Aplikasi Pemantau Untuk Sistem Kandang Reptil Pintar Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel Implementation Monitoring Application of Smart Reptile Cage," in *e-Proceeding of Engineering*, 2019, vol. 6, no. 2, pp. 4002–4008.
- [4] F. M. Baines, "An In-Depth Look At UV Light And Its Proper Use With Reptiles," 2017.
- [5] P. Harahap and K. R. Nasution, "Perancangan Terrarium With Automatic Controller Berbasis Arduino For Baby Tortoise Geochlone Sulcata," in *Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan HUMANIORA 2021*, 2021, pp. 34–44, [Online]. Available: <http://jurnal.ceredindonesia.or.id/index.php/sintesa/article/view/199>.
- [6] P. Harahap and K. R. Nasution, "Perancangan Terrarium With Automatic Controller Berbasis Arduino For Baby Tortoise Geochlone Sulcata," *SiNTESa CERED Semin. Nas. Teknol. Edukasi dan Hum.*, vol. 1, p. 1, 2021.
- [7] Y. He, H. Wang, and D. Chen, "The application of fuzzy PID control in the process temperature and humidity control of cigarette factory," in *ITAIC 2020*, 2020, vol. 2020, pp. 1091–1096, doi: 10.1109/ITAIC49862.2020.9338936.

- [8] M. F. Muna and I. Alfi, "Perancangan dan implementasi pengatur suhu terrarium serta pemberi pakan terjadwal pada hewan reptil menggunakan Arduino berbasis Internet of Things.," 2019.
- [9] S. Cui, M. Chen, Y. Zhang, and L. He, "Study on decoupling control system of temperature and humidity in intelligent plant factory," in *IEEE*, 2020, vol. 2020, pp. 2160–2163, doi: 10.1109/ITAIC49862.2020.9339036.
- [10] B. Y. D. R. F. M. Baines, "An In-Depth Look At UV Light And Its Proper Use With Reptiles." .
- [11] D. Yang, H. Wang, and M. Xiang, "Design and research on temperature and humidity controller system of intelligent distribution transformer box," in *Proceedings of 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2019*, 2019, no. Itnec, pp. 2274–2277, doi: 10.1109/ITNEC.2019.8729256.
- [12] F. H. Prameswari, Arimbi, M. N. Yunita, H. Plumeriastuti, A. Yudhana, and M. T. E. Purnama, "Histological Finding of Extremity Bone Tissue in Monitor Lizard (*Varanus salvator*) with Metabolic Bone Disease," *J. Med. Vet.*, vol. 3, no. 2, pp. 271–276, 2020, doi: 10.20473/jmv.vol3.iss2.2020.271-276.
- [13] I. G. N. A. Y. Swambara, S. Sumaryo, and Estananto, "Sistem Monitoring dan Kontrol Smart Terarium untuk Pemeriksaan Kesehatan Pada Reptil Berbasis Android," in *e-Proceeding of Engineering*, 2019, vol. 6, no. 2, pp. 3096–3101.
- [14] H. Lynn, "Build Your Own Raspberry Pi terrarium controller," *Raspberry Pi*, 2016. http://lifelifehacker.com/build-your-own-raspberry-pi-powered-weather-station-1697061082?utm_campaign=socialflow_lifelifehacker_facebook&utm_source=lifelifehacker_facebook&utm_medium=socialflow.
- [15] O. Khotimah, D. Darmawan, and E. Rosdiana, "Perangkat dan Metoda Kalibrasi Sensor Universal," in *e-Proceeding of Engineering*, 2022, vol. 9, no. 3, pp. 866–874.
- [16] J. Triyanto and Sumarna, "Rancang Bangun Pemodelan Sistem Otomatisasi Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Design of Automation System Temperature and Humidity Modeling Based on Arduino," 2017.
- [17] H. Yuan, Z. Wang, and L. Xia, "Design of Temperature and Humidity Detection System for a Material Warehouse Based on GM," in *Proceedings of 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2020*, 2020, no. Itnec, pp. 2516–2519, doi: 10.1109/ITNEC48623.2020.9085141.
- [18] A. Razo and H. Aprilianto, "Alat Penyiram Tanaman Aquascape Otomatis Berbasis Arduino Uno Dan Monitoring Berbasis Mobile," *Progresif J. Ilm. Komput.*, vol. 15, no. 2, pp. 83–88, 2019.
- [19] D. V. Sandi and M. Arrofiq, "Implementasi Analisis NIDS Berbasis Snort Dengan Metode Fuzy Untuk Mengatasi Serangan LoRaWAN," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 2, no. 3, pp. 685–696, 2018, doi: 10.29207/resti.v2i3.504.
- [20] Q. Ye, Y. Cheng, M. Zhang, and G. B. Wang, "Research on flame location and distance measurement method based on binocular stereo vision," in *Proceedings - 2020 Chinese Automation Congress, CAC 2020*, 2020, pp. 4089–4094, doi: 10.1109/CAC51589.2020.9327595.
- [21] M. Y. A. Eka and H. Wibawanto, "Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8," *J. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 15–17, 2013.
- [22] B. Rahmani, H. Aprilianto, H. Ismanto, and H. Hamdani, "Distance Estimation based on Color-Block: A Simple Big-O Analysis," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 2169–2175, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i4.pp2169-2175.
- [23] Julaiha; and B. Rahmani; "Sistem penerangan toilet berbasis sensor gerak terkendali mikrokontroler ATmega328.," STMIK Banjarbaru, 2020.
- [24] M. Zeyad *et al.*, "Design and Implementation of Temperature Relative Humidity Control System for Poultry Farm," in *2020 International Conference on Computational Performance Evaluation, ComPE 2020*, 2020, pp. 189–193, doi: 10.1109/ComPE49325.2020.9200032.