



Aplikasi *Internet of Things* (IoT) untuk Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Lingkungan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum L.*) pada Mini Greenhouse

Santosa^{1*}, Ashadi Hasan², Saddam Pebrianto², M. Dixy Rahmadika Pratama²

¹ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Indonesia

² Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Indonesia

ABSTRAK

Cabai Merah merupakan salah satu tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi, akan tetapi sensitif akan keadaan lingkungan yang jika suhu terlalu rendah akan mengganggu pertumbuhannya begitu pula jika suhu dan kelembaban terlalu tinggi oleh karena itu untuk mencapai suhu dan kelembaban optimum untuk lingkungan tumbuh tanaman cabai merah di dalam greenhouse atau mini greenhouse dibutuhkan greenhouse atau mini greenhouse yang dilengkapi sistem kontrol suhu dan kelembaban otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk membuat greenhouse atau mini greenhouse dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban otomatis untuk budidaya cabai merah dengan sistem hidroponik NFT. Sistem kontrol yang digunakan NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, relay dan Arduino nano. Tanaman pada penelitian ini ditanam pada sistem hidroponik pipa 2,5 inci berjumlah 4 batang pipa dengan panjang 180 cm dan memiliki lobang tanam sebanyak 24 lubang. Misting membantu menyesuaikan suhu dan kelembaban dan akan bekerja jika suhu terbaca oleh sistem saat suhu $>28^{\circ}\text{C}$ dan mati saat suhu $<28^{\circ}\text{C}$. Hasil R^2 yang diperoleh sensor suhu dan kelembaban yaitu 0,9841 dan 0,9815. Kinerja sistem dalam penelitian masih belum sepenuhnya dapat mengontrol suhu dan kelembaban sesuai dengan syarat tumbuh optimum cabai merah dimana selama 28 hari pengamatan suhu rata-rata di dalam greenhouse $24^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban rata-rata di dalam greenhouse 79 % - 91 %. Kelembaban di dalam greenhouse masih lebih tinggi 11 % dari syarat tumbuh optimum cabai merah. Perbedaan tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun rata-rata tanaman pada minggu ke-4 di dalam greenhouse yaitu 6 cm, 2,2 cm, dan 6,2 helai.

KATA KUNCI

Greenhouse; mini greenhouse; hidroponik nft; sistem kontrol; suhu dan kelembaban; cabai merah; fog misting system.

PENULIS KORESPONDEN

Alamat e-mail penulis koresponden: santosa@ae.unand.ac.id

1. Pendahuluan

Urban farming merupakan sebuah rantai industri yang memproduksi, memproses, mendistribusikan makanan dan produk lainnya melalui budidaya tanaman intensif di sekitar kota dengan tujuan agar kebutuhan masyarakat perkotaan dapat terpenuhi. Semua kegiatan itu dilakukan dengan sistem using dan re-using sumber daya alam dan limbah perkotaan [1].

Salah satu bentuk sistem *urban farming* yaitu *greenhouse*, *greenhouse* menjadi salah satu sistem yang saat ini sedang banyak digunakan oleh petani modern maupun peneliti modern. *Greenhouse* merupakan sebuah tempat yang dibuat untuk menanam tanaman yang bertujuan agar dapat mendapatkan sinar matahari, suhu dan kelembaban yang dibutuhkan [2].

Indonesia telah banyak mengembangkan komoditi hortikultura, salah satu contoh komoditinya yaitu cabai merah. Cabai dapat dibilang sebagai komoditi yang menarik dikalangan petani dikarenakan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Tanaman cabai mengandung vitamin dan gizi seperti karbohidrat, lemak, kalori, kalsium, protein, vitamin A, B1, vitamin C. Komoditi cabai biasanya banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, dan juga untuk bahan baku obat-obatan serta campuran zat pewarna serta keperluan rumah tangga [3].

Irigasi kabut adalah sistem pemberian air terhadap tanaman dengan cara mengeluarkan air ke udara di sekitar tanaman. Irigasi kabut dapat mencukupi kebutuhan air tanaman serta dapat mempertahankan kelembaban udara di lingkungan *greenhouse*, sehingga dapat menghambat penguapan air pada tanaman [4].



Beberapa penelitian yang telah dilakukan seperti penelitian mengenai "Ekperimen Pengaturan Suhu dan Kelembaban pada Rumah Tanaman (Greenhouse) dengan Sistem Humidifikasi" berjalan dengan lancar [5]. Namun kekurangan dari penelitian tersebut tanaman yang digunakan masih tanaman pada umumnya dan tidak menggunakan (IoT *Internet of Thing*). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai "Aplikasi *Internet of Things* (IoT) untuk Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Lingkungan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) pada *Mini Greenhouse*" [6].

Penelitian ini diharapkan dapat mengontrol keadaan lingkungan pada *mini greenhouse* sesuai dengan kebutuhan cabai merah di daerah dataran rendah, sehingga dapat membantu petani dataran rendah untuk menghasilkan cabai merah yang berkualitas dan mampu bersaing dengan cabai merah dari dataran tinggi.

Urban farming juga berperan strategis dalam menjawab tantangan keterbatasan lahan produktif di wilayah perkotaan yang semakin terdesak oleh pertumbuhan permukiman dan industri. Melalui pendekatan teknologi, sistem pertanian perkotaan mampu meningkatkan efisiensi ruang tanam sekaligus menekan ketergantungan kota terhadap pasokan pangan dari wilayah hinterland. Kondisi ini menjadikan urban farming sebagai bagian penting dari upaya ketahanan pangan perkotaan yang berkelanjutan [7], [8].

Penggunaan greenhouse memungkinkan terciptanya lingkungan mikro yang lebih terkendali dibandingkan dengan sistem budidaya terbuka. Kontrol terhadap variabel lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya berpengaruh langsung terhadap proses fisiologis tanaman, termasuk laju fotosintesis, respirasi, dan transpirasi. Dengan pengelolaan lingkungan yang optimal, risiko stres tanaman akibat fluktuasi cuaca ekstrem dapat diminimalkan [9], [10].

Cabai merah memiliki karakteristik fisiologis yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, khususnya pada fase pembungaan dan pembuahan. Ketidaksesuaian suhu dan kelembaban relatif udara dapat menyebabkan gugur bunga, penurunan jumlah buah, serta kualitas hasil panen yang rendah. Oleh sebab itu, pengendalian iklim mikro menjadi faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas dan stabilitas hasil cabai merah [11].

Di wilayah dataran rendah, tantangan utama dalam budidaya cabai merah adalah suhu udara yang relatif tinggi dan kelembaban yang tidak stabil. Kondisi tersebut sering kali memicu peningkatan serangan hama dan penyakit, serta mempercepat laju evapotranspirasi tanaman. Penerapan sistem irigasi yang mampu menyesuaikan kebutuhan air dan kelembaban secara presisi menjadi solusi potensial untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem greenhouse membuka peluang pengelolaan budidaya tanaman secara real-time dan berbasis data. Sensor-sensor lingkungan yang terhubung dengan sistem kendali memungkinkan pemantauan kondisi mikroklimat secara kontinu serta pengambilan keputusan otomatis. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada intervensi manual [12].

Penerapan IoT dalam pertanian modern juga mendukung prinsip pertanian presisi (precision agriculture) yang menekankan akurasi dan efisiensi dalam setiap tahap budidaya. Data historis yang terekam dapat dianalisis untuk mengetahui pola pertumbuhan tanaman dan responsnya terhadap perubahan lingkungan. Informasi tersebut menjadi dasar dalam pengembangan sistem budidaya yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan tercipta model *mini greenhouse* berbasis IoT yang aplikatif dan mudah diimplementasikan oleh petani skala kecil maupun menengah. Inovasi ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas cabai merah di dataran rendah, tetapi juga mendorong transformasi pertanian tradisional menuju sistem pertanian cerdas yang lebih kompetitif dan ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 di Ladang Penelitian Fakultas Pertanian Universitas Andalas Kelurahan Limau Manis, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini Mesin bor, Gergaji kayu dan besi, Gunting, Pisau, Solder, Thermometer, Palu, Kabel jumper, Mesin *Double pump* 360 psi. Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Kayu blok , Paku, Plastik UV, Selang Polyurethane 0,6 mm, Lem pipa, Talang air, Adaptor 12v 10A, *End cap* 6 mm, *Quick connector* 8/11 mm, *Connector* selang 11 mm ke 6 mm, *Connector* Drat 18 mm, *Filler input*, *Double pump* 360 psi, *Push lock Elbow* 18 mm, *Push lock tee* 6 mm, *Push lock Nozzle* 0,3 mm, *Fillter anti Drip*, Selang 11 mm, Arduino Nano, NodeMCU ESP8266, Sensor DHT22, Aplikasi *Blynk*, Relay, RTC.

2.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa metode eksperimen. Beberapa tahapan dari penelitian ini meliputi: (1) perancangan *mini greenhouse* dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban, (2) pembuatan *mini greenhouse* dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban relatif udara, (3) melakukan pengamatan sistem kontrol, dan (4) melakukan analisis data terhadap kinerja alat sensor suhu dan kelembaban.

2.3.1 Perancangan

Perancangan alat ini dilaksanakan berdasarkan rancangan fungsional dan rancangan struktural.

2.3.1.1 Rancangan Fungsional

Rancangan ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan skala rumah tangga yang dimana *mini greenhouse* dirancang dengan dimensi panjang 2 meter, lebar 1,5 meter dan tinggi 2 meter. Pada *mini greenhouse* tersebut terdapat sistem hidroponik dengan panjang 1,8 meter dan menggunakan 4 pipa. Hidroponik ini memiliki 24 total lubang dengan jarak taman 25 cm. Kemiringan yang baik pada hidroponik adalah 40 derajat memiliki kefektifan dan mendapatkan hasil yang lebih bagus [13], [14]. *Mini greenhouse* ini akan dilengkapi dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban relatif udara otomatis yang akan menjaga keadaan lingkungan sebagaimana berguna agar mengoptimalkan kebutuhan tanaman. Sistem kontrol suhu dan kelembaban relatif udara diharapkan dapat mengontrol serta menjaga suhu di dalam mini greenhouse pada kisaran 28-33 °C dan kelembaban 80 %.

2.3.1.2 Rancangan Struktural

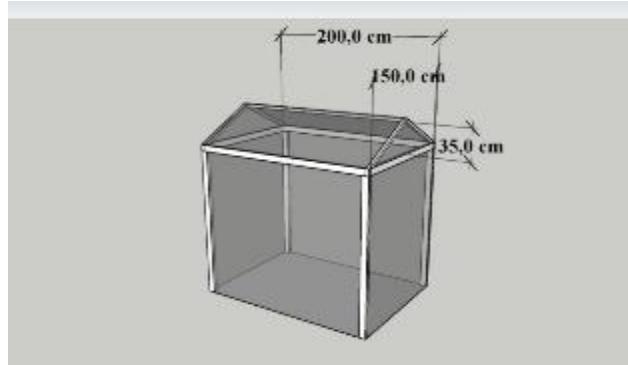
Rancangan struktural ini meliputi perancangan struktural *mini greenhouse* dan perancangan struktural mikrokontroler.

1. Rancangan *Mini Greenhouse*

a. Rancangan Kerangka

Kerangka *mini greenhouse* dibangun menggunakan besi baja ringan yang memiliki ketebalan 0,35 mm.

Rancangan kerangka *mini greenhouse* ini memiliki tinggi 185 cm dengan lebar 150 cm, dapat dilihat pada Gambar 1.

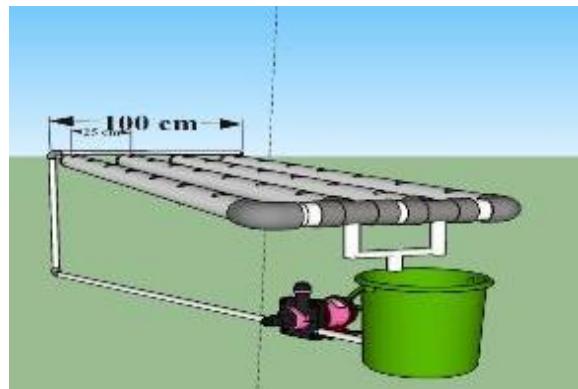


Gambar 1. Kerangka Mini Greenhouse

b. Rancangan Sistem Hidroponik

Rancangan hidroponik ini menggunakan 4 buah pipa PVC, pipa PVC dengan masing-masing pipa menggunakan ukuran 2,5 inci, panjang masing-masing pipa tersebut yaitu 180 cm. Pada masing-masing pipa terdapat 6 lubang yang memiliki diameter 5 cm, jarak antar lubang yang digunakan adalah 25 cm mengacu pada jarak tanam tanaman cabai.

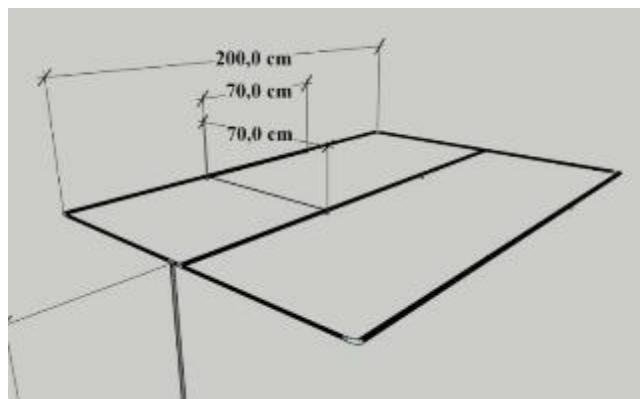
Sistem yang digunakan pada hidroponik ini adalah NFT (*Nutrient Film Technique*). Sistem ini digunakan karena pada sistem NFT (*Nutrient Film Technique*) nutrisi akan terus mengalir mengenai akar tanaman pada pipa PVC menggunakan pompa. Tanaman akan terus mendapatkan nutrisi sebab adanya resirkulasi yang terjadi pada sistem tersebut [7]. Gambar hidroponik tampak depan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Hidroponik Tampak Depan

c. Rancangan Fogging System

Fogging System berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban pada lingkungan *mini greenhouse* sesuai yang dibutuhkan. Sistem ini menggunakan air serta tekanan yang akan mengeluarkan output seperti kabut. Saluran sistem ini menggunakan selang *polyurethane* dengan ukuran 0,6 mm, sistem menggunakan 3 buah saluran yang terletak di atas *mini greenhouse*, masing-masing saluran memiliki panjang 2 meter. Pada tiap saluran memiliki 2 buah *nozzle* dengan jarak antar *nozzle* yaitu 70 cm. Sumber air untuk system ini yaitu *Cooler Box* dengan tujuan untuk menjaga suhu air agar tetap stabil dan tidak panas karena terpapar langsung oleh sinar matahari. Rancangan Fogging sistem tampak atas dapat dilihat pada Gambar 3.



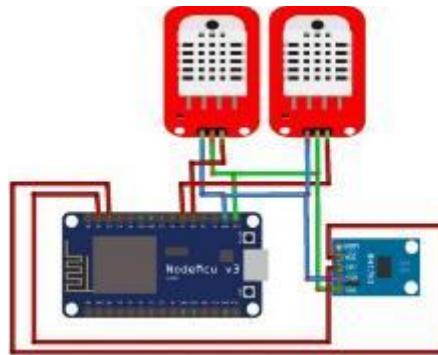
Gambar 3. Rancangan Fogging Sistem Tampak Atas

2. Rancangan Mikrokontroler

a. Sistem pembaca pengontrol suhu dan kelembaban relatif udara pada *mini greenhouse*

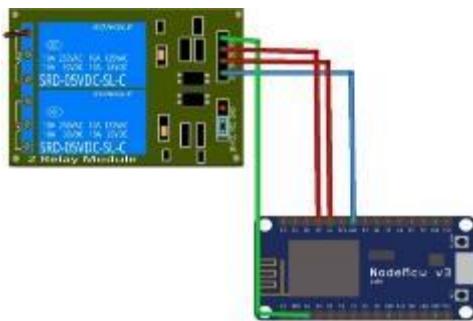
Suhu dan kelembaban di dalam *mini greenhouse* akan selalu berubah-ubah sesuai dengan suhu dan kelembaban lingkungan diluar *mini greenhouse*, maka dari itu pada sistem ini digunakan sensor pembaca serta pengontrol suhu dan kelembaban relatif udara agar didapatkan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh pertumbuhan tanaman.

Sensor pembaca suhu dan kelembaban relatif udara yang digunakan pada sistem ini yaitu DHT22. Sensor DHT22 pada sistem ini menggunakan 2 buah sensor DHT22 yang berfungsi agar meningkatkan akurasi pembacaan suhu dan kelembaban relatif udara pada lingkungan *mini greenhouse*. Alur sistem sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 1. Alur Sistem Sensor DHT 22

Suhu dan kelembaban relatif udara yang telah dibaca sebelumnya akan diterima oleh mikrokontroler yang telah disediakan dan dikonversi pada mikrokontroler tersebut. Setelah dikonversi oleh mikrokontroler, mikrokontroler akan memberi perintah terhadap sistem kontrol suhu dan kelembaban yang mana akan mengaktifkan *Fogging System* saat suhu lebih dari 28°C dan kelembaban udara kurang dari 80%. Alur sistem pembaca suhu dan kelembaban udara dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur Sistem Pembaca Suhu dan Kelembaban Udara

b. *Display Blynk App*

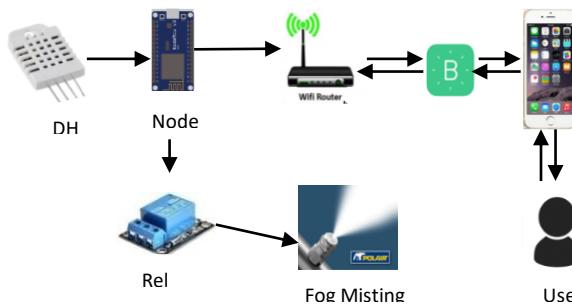
Blynk app berfungsi sebagai media pencatatan dan pembacaan sistem dari kerja sensor. Sensor yang diletakkan pada sistem hidroponik *mini greenhouse* kemudian dihubungkan dengan aplikasi *blynk*. Aplikasi *blynk* ini dapat diunduh secara gratis di *Google Play Store*. Mikrokontroler kemudian dihubungkan ke *blynk server* sehingga dapat digunakan pada *smartphone* melalui aplikasi *blynk*. Skema aplikasi *blynk* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Aplikasi Blynk

c. Skema Rangkaian

Langkah kerja rancangan sistem kontrol suhu dan kelembaban otomatis, yaitu: pertama, sensor suhu dan kelembaban akan membaca dan mengirimkan data kepada *module wifi*, setelah diproses oleh *module Wifi* maka sesuai dengan *set point* yang ditentukan *module Wifi* akan memberi perintah kepada relay yang berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan pompa. Pompa yang menyala akan secara otomatis menjalankan *Fogging System* yang akan membantu menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban lingkungan di dalam *greenhouse*. Skema keseluruhan sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Keseluruhan Sistem Kontrol

Sebelum sistem kontrol dipasangkan maka operator akan mengatur nilai *set point* batasan suhu untuk nyala dan matinya pompa, kemudian setelah sensor membaca suhu lingkungan data tersebut akan diproses oleh mikrokontroler. Sesuai dengan nilai *set point* yang ditentukan maka mikrokontroler akan memberi perintah pada relay yang mengontrol hidup matinya pompa.

2.3.2 Tahapan Pembuatan Rancangan

2.3.2.1 Pembuatan Rancangan *Mini Greenhouse* dan Instalasi Hidroponik

Pembuatan rancangan *mini greenhouse* ini dibuat dengan *greenhouse* skala kecil (200 x 150 x 185 cm). Pada sistem hidroponik ini menggunakan sistem NFT (*Nutrient Film Technique*) yang memiliki 24 lubang tanam dengan jarak antar lubang adalah 25 cm dan setiap lubang memiliki diameter 5 cm. Sistem penampungan air pada rancangan ini menggunakan *cooler box* 10 liter yang berfungsi sebagai penampung nutrisi yang dibutuhkan.



2.3.2.2 Pembuatan Rancangan Fogging System

Fogging System dibuat dengan menggunakan 6 buah *nozzle* yang akan dihubungkan pada masing-masing saluran, masing – masing saluran dipasangkan 2 *nozzle*. Saluran terdiri dari 3 buah selang yang dihubungkan menggunakan 3 *Push lock Tee* 6 mm dan 4 *Push lock Elbow* 6 mm. Seluruh saluran dibuat menggunakan selang *Polyurethane* 0,6 mm. Pompa yang digunakan adalah *Double pump* 360 psi yang berguna untuk mengalirkan air dari wadah ke seluruh saluran. Tempat yang digunakan sebagai wadah yaitu *cooler box* 5 liter yang berfungsi agar menjaga suhu air tetap stabil dan agar terhindar dari paparan sinar matahari langsung.

2.3.2.3 Pembuatan Rancangan Sistem Kontrol

Perancangan sistem kontrol pada *mini greenhouse* ini menggunakan sistem kontrol DHT22. DHT22 yang digunakan berjumlah 2 buah, berfungsi untuk memaksimalkan pembacaan suhu dan kelembaban. Setelah membaca suhu dan kelembaban sensor akan mengirimkan data pada mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan yaitu NodeMCU ESP8266. Mikrokontroler akan memberi perintah untuk menghidupkan atau mematikan *fogging system* sampai dengan *output* yang dibutuhkan.

2.3.2.4 Input Nilai Set Point

Nilai *set point* yang digunakan pada suhu yaitu 28 °C dan untuk kelembaban yaitu 80 %. Nilai ini memiliki tujuan agar dapat membatasi sistem yang sedang bekerja karena suhu dan kelembaban udara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman di dalam lingkungan *mini greenhouse*. Maka dari itu suhu dan kelembaban harus dikendalikan menggunakan *fogging system*. *Fogging System* akan bekerja ketika sensor membaca suhu dan kelembaban di dalam lingkungan *mini greenhouse* $> 28^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban 80 %. Nilai tersebut akan di-input-kan ke dalam mikrokontroler untuk mengaktifkan ataupun mematikan *fogging sistem*.

2.3.2.5 Kalibrasi Sensor Suhu dan Kelembaban Relatif Udara

Kalibrasi yang dilaksanakan pada sensor ini dilakukan untuk meminimalisirkan terjadinya *error* dalam pembacaan sensor. Hal ini dilakukan setelah seluruh instalasi rancangan selesai. Setelah seluruh instalasi rancangan selesai akan dilakukan pengujian terhadap sensor suhu maupun sensor kelembaban udara relatif dengan membandingkan *output* dari mikrokontroler dengan alat ukur suhu dan kelembaban manual yaitu termometer untuk mengukur suhu dan termohygrometer untuk mengukur kelembaban relatif udara. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mendapatkan hasil dari kalibrasi output yang akurat dan menjadi acuan dalam kinerja relay yang menjalankan seluruh perintah dari mikrokontroler menuju *fogging system*.

2.3.2.6 Menghubungkan Mikrokontroler dengan Blynk App

Seluruh sistem yang telah selesai dirancang akan dihubungkan dengan sebuah aplikasi bernama *blink*. *Blink App* merupakan sebuah platform khusus dari *Internet of Things (IoT)*. *Blink App* berfungsi untuk memantau *output* yang didapatkan dari mikrokontroler. Menghubungkan sensor dengan aplikasi *blynk* dilakukan menggunakan kode *auth* yang akan diperoleh saat login ke aplikasi *blynk*. Kode *auth* ini kemudian akan dimasukkan dalam program mikrokontroler, maka sistem akan terhubung ke aplikasi *blynk* tersebut.

2.3.2.7 Uji Teknis Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh sistem bekerja sesuai dengan rancangan awal atau tidak. Uji teknis ini meliputi seluruh rancangan terutama pada seluruh sensor yang digunakan. Hasil pengukuran sensor harus mendekati hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan pengukuran manual, jika tidak maka seluruh sensor harus dilakukan kalibrasi ulang guna mendapatkan hasil yang maksimal.



2.3.3 Proses Penanaman Cabai

Cabai akan di tanam menggunakan sistem hidroponik NFT di dalam *mini greenhouse* dan di luar *mini greenhouse*. Terdapat beberapa persiapan dalam proses pindah tanam tanaman cabai.

2.3.3.1 Persiapan Tanaman

Tanaman yang disiapkan yaitu tanaman cabai berumur 1 minggu dengan jumlah yang sudah ditentukan yaitu sebanyak 24 buah bibit untuk masing masing dalam dan luar *mini greenhouse*. Tanaman tersebut akan dipindahkan ke media tanam yang sudah disediakan yaitu berupa rockwool dan netpot.

2.3.3.2 Penanaman

Setelah proses pindah tanam sudah selesai dilakukan, lalu tanaman dipindahkan ke dalam instalasi hidroponik yang di dalam *Mini Greenhouse* dan yang di luar *Mini Greenhouse*. Setelah pindah tanam, pastikan nilai PPM nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai dimana PPM yang dibutuhkan yaitu 800.

2.3.4 Uji Kinerja

Uji kinerja merupakan pengujian yang dilakukan terhadap alat yang sudah selesai dibuat untuk melihat beda suhu dan kelembaban udara, serta pertumbuhan tanaman cabai yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik NFT di dalam *Mini Greenhouse* terkontrol, kemudian dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman cabai yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik NFT di luar *Mini Greenhouse*. Adapun variabel yang diamati yaitu:

1. Suhu dan kelembaban *Mini Greenhouse*

Suhu dan kelembaban yang diamati yaitu suhu dan kelembaban di dalam dan di luar *Mini Greenhouse* untuk melihat bagaimana pengaruh pertumbuhan tanaman terhadap suhu dan kelembaban yang dikontrol dan yang tidak dikontrol. Suhu dan kelembaban di dalam *Mini Greenhouse* akan dibaca oleh sensor DHT 22 yang telah dikalibrasi, untuk tanaman di luar *Mini Greenhouse* suhu dan kelembaban akan diukur menggunakan sensor yang sama yaitu DHT 22. sensor mengirim data pada sistem kontrol dan sistem kontrol akan menyimpan databasenya dengan bantuan RTC.

2. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan bagian dari proses pertumbuhan tanaman cabai. Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang menggunakan meteran. Pengukuran dilakukan per 7 hari sekali selama 28 hari.

3. Lebar Daun

Lebar daun merupakan bagian dari proses pertumbuhan tanaman cabai. Daun yang diukur adalah daun yang terlebar. Lebar daun diukur menggunakan meteran yang diambil dari sisi kiri sampai sisi kanan daun. Lebar daun tanaman cabai dihitung per 7 hari selama 28 hari.

4. Jumlah Daun

Jumlah daun merupakan bagian dari proses pertumbuhan tanaman cabai. Jumlah daun tanaman cabai dihitung per 7 hari selama 28 hari.

2.3.4.1 Uji Kinerja Sistem Kontrol

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengamatan terhadap sistem kontrol yang bekerja. Data-data yang diperoleh pada saat pengamatan yaitu data hasil pembacaan nilai suhu dan kelembaban dengan menggunakan sensor, yang nantinya akan dibandingkan dengan data yang diperoleh dengan pengukuran menggunakan alat ukur manual seperti termometer dan termohygrometer di dalam *mini greenhouse*. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah sensor yang digunakan bekerja sesuai rancangan awal atau tidak. Hal tersebut dapat kita ketahui dengan rumus :

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Nilai Pembaca} - \text{Nilai Pembanding})}{\text{Nilai Pembanding}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Nila pembaca = Nilai yang ditampilkan Aplikasi
Nilai pembanding. = Nilai yang ditampilkan dari alat ukur *termometer/thermohygrometer*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Ladang penelitian Fakultas Pertanian Universitas Andalas kelurahan Limau Manis, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Kecamatan Pauh memiliki luas wilayah yaitu 146,29 km² dan berada pada ketinggian 10 - 1600 m di atas permukaan laut. Memiliki suhu antara 22 °C - 36 °C dan kelembaban udara antara 24 % - 100 %.

3.2 Hasil Rancangan Alat

3.2.1 Hasil Rancangan *Mini Greenhouse*

Mini Greenhouse dirancang dengan ukuran panjang 200 cm, lebar 150 cm, tinggi 185 cm. Tiang utama dan atap greenhouse terbuat dari baja ringan. Tiang utama terdiri dari 6 tiang dan baut khusus baja ringan digunakan sebagai penyambung antara tiang dan atap. Hasil rancangan *mini greenhouse* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil rancangan mini greenhouse

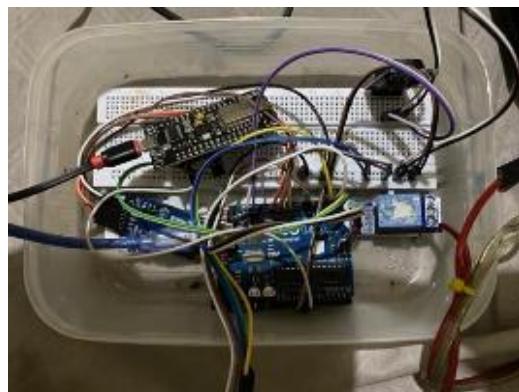
Sistem Hidroponik yang digunakan pada penelitian ini yaitu NFT dengan menggunakan pipa berukuran 2 inci. Masing-masing pipa memiliki ukuran panjang 180 cm. Hidroponik NFT dirancang dengan tinggi bagian depan 50 cm dan tinggi bagian belakang 40 cm, sehingga memiliki perbedaan 10 cm yang bertujuan untuk mengaliri air pada instalasi hidroponik.

Fog misting system yang memiliki fungsi untuk menciptakan suhu dan kelembaban optimal dirancang dan disesuaikan dengan ukuran *mini greenhouse*, dengan ukuran *greenhouse* berupa panjang 200 cm dan lebar 150 cm maka dapat ditentukan posisi *nozzle* diletakkan pada bagian bawah atap *mini greenhouse* yang memiliki tinggi 150 cm dari permukaan tanah. *Fog Misting system* dirancang menggunakan 9 buah *nozzle* dengan masing-masing *nozzle* memiliki ukuran 0,3 mm.



3.2.2 Hasil Perancangan Sistem Kontrol

Sistem kontrol yang digunakan pada rancangan ini yaitu Arduino nano sebagai board mikrokontrolernya. Arduino nano berfungsi untuk membaca data yang dikirim oleh sensor suhu dan kelembaban. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan pada perancangan ini yaitu DHT22. Sensor DHT22 yang telah membaca suhu dan kelembaban kemudian data tersebut akan ditangkap oleh Arduino nano yang akan dianggap sebagai suhu dan kelembaban dilingkungan mini greenhouse tersebut. Arduino nano memberi perintah kepada pompa Fog misting system untuk menyala dengan kondisi set point apabila suhu $> 28^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $< 80\%$ dan memberi perintah pompa untuk mati apabila suhu $< 28^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $> 80\%$. Data yang telah dibaca oleh Arduino nano dikirim ke NodeMCU dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk. Aplikasi Blynk dapat diakses menggunakan smartphone dengan jarak yang tidak memiliki batas dengan syarat kedua perangkat terhubung menggunakan koneksi internet. Gambar hasil rangkaian system control dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 2. Hasil Perancangan Sistem Kontrol

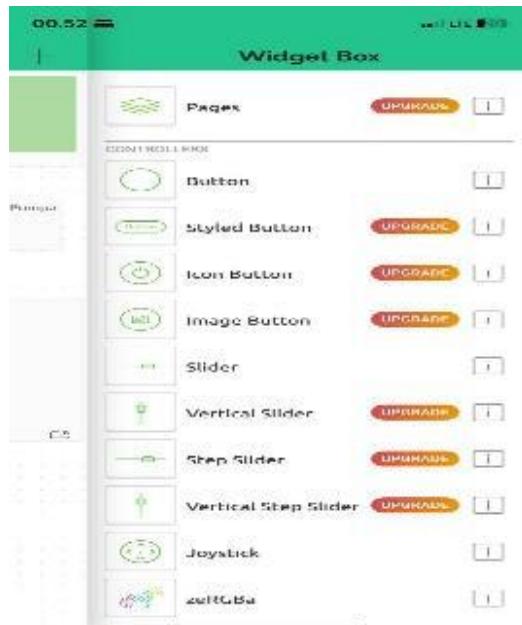
3.2.3 Koneksi terhadap Aplikasi Blynk

Blynk merupakan salah satu aplikasi yang dapat digunakan dalam penggerjaan projek sistem kontrol. Aplikasi ini tersedia di Google Playstore pada android dan Appstore pada IOS. Setelah aplikasi blynk diunduh, pendaftaran dengan menggunakan email dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan kode auth. Seperti yang diketahui, fungsi dari kode auth ini adalah untuk modul wifi NodeMcu ESP8266, modul wifi ini akan dihubungkan dengan aplikasi blynk menggunakan kode auth untuk mendeteksi perangkat yang akan disambungkan.

Setelah selesai melakukan pendaftaran, langkah selanjutnya adalah membuat sebuah *template* yang merupakan wadah untuk menampung sebuah projek baru yang akan dibuat maka kode auth akan dikirimkan melalui email. Kode auth tersebut dapat dimasukkan ke dalam pemograman untuk menyambungkan aplikasi blynk dengan NodeMCU ESP8266 yang digunakan pada aplikasi Arduino IDE dan dilanjutkan dengan memasukkan nama dan password wifi pada pemograman seperti Gambar 10.

Gambar 10. Pemograman Koneksi Blynk dan Modul Wifi NodeMCU ESP8266 pada Aplikasi Arduino IDE

Koneksi internet yang digunakan akan mempengaruhi sistem dalam membaca kondisi dan memberikan perintah pada sistem. Apabila jaringan tidak stabil maka sistem akan lambat atau terjadi penundaan dalam kecepatan baca dan perintah sistem, maka kestabilan koneksi WiFi harus terjaga dengan baik. Hal dikarenakan kestabilan koneksi mempengaruhi hubungan antara sistem kontrol yaitu NodeMcu ESP8266 dengan aplikasi blynk. Jika tidak ada koneksi WiFi yang terhubung pada sistem kontrol, maka tidak dapat mengontrol atau membaca hasil data melalui aplikasi blynk. Setelah aplikasi blynk sudah terhubung dengan NodeMcu ESP8266, langkah selanjutnya adalah menambahkan beberapa item dari menu pilihan dalam widget box yang sudah tersedia pada aplikasi blynk. Di dalam aplikasi blynk terdapat widgetbox dengan berbagai pilihan dan fungsi yang berbeda-beda sesuai dengan wedgedbox yang dibutuhkan. Widgetbox dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Widget Box dalam Aplikasi Blynk



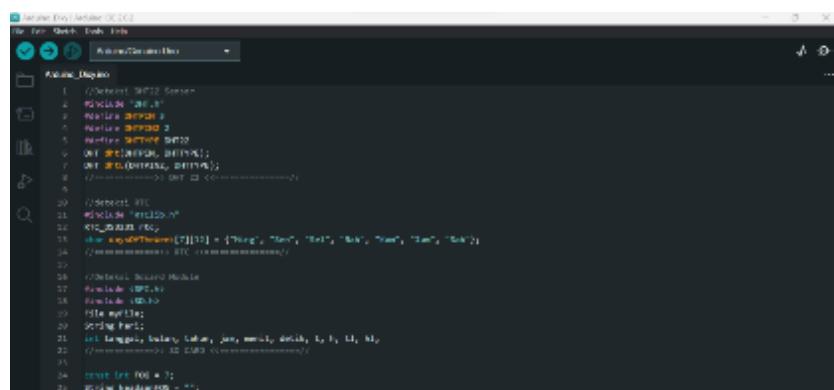
Pada penelitian ini terdiri tujuh item widget box yang dipilih, yaitu satu widget LCD, 4 *Widget Lebeled Value*, satu *Widget Display Value*, dan satu *Widget superchart*. Dalam penelitian digunakan dua sensor DHT22, dimana data yang dibutuhkan yaitu data suhu 1, suhu 2, kelembaban 1, dan kelembaban 2. Maka berdasarkan kebutuhan data digunakan empat *Lebeled Value* dan 1 *superchart* untuk suhu dan kelembaban di dalam *mini greenhouse* dan di luar *mini greenhouse* karena sebuah *Superchart* dapat menampilkan 2 buah *variable* dalam bentuk chart yang digunakan pada aplikasi *blynk*. Fungsi *Labeled Value* disini adalah untuk menampilkan hasil dari pembacaan sensor dan *superchart* berfungsi menampilkan hasil data dalam bentuk grafik, sehingga dapat terlihat bagaimana perubahan data yang terjadi dalam satu hari. Kemudian Widget Lcd satu buah digunakan untuk menampilkan waktu, hari, bulan, dan tahun secara *real time* yang dikirim oleh NodeMcu ESP8266 dengan bantuan RTC (*Real-TimeClock*). Selanjutnya, pembacaan data suhu dan kelembaban oleh sensor DHT 22 dapat dipantau oleh pengguna dari jarak jauh melalui aplikasi *blynk* yang ada dalam *smartphone* selama terhubung ke jaringan internet. Tampilan dari pembacaan data pada aplikasi *blynk* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 3. Tampilan dari Pembacaan Data pada *Widget* aplikasi *Blynk*

3.2.4 Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor DHT 22 ini dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan oleh sensor dan nilai pembacaan menggunakan alat ukur manual. Alat ukur yang digunakan yaitu *Thermohygrometer*. Alat ini sekaligus dapat membaca nilai suhu dan kelembaban. Proses kalibrasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keakuratan dari pembacaan sensor yang digunakan. Hasil pembacaan oleh sensor yang ditampilkan pada aplikasi Arduino IDE langsung dalam satuan yang sebenarnya, seperti pembacaan suhu dalam derajat celcius (°C) dan kelembaban dalam persen (%). Berikut pemrograman untuk sensor DHT 22 yang dibuat pada aplikasi Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pemrograman pada Aplikasi Arduino IDE

Langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi atau pengujian dengan menggunakan thermohygrometer dilakukan sebanyak 12 kali pengulangan yaitu pada pukul 07.00 WIB – 18.00 WIB. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali, dalam pengujian kalibrasi didapatkan masing-masing dua belas data kalibrasi suhu dan kelembaban relatif udara dari pengukuran thermohygrometer dan pembacaan sensor, dapat dilihat hasil kalibrasi terhadap sensor suhu DHT 22 pada Tabel 1.

Tabel 1. Kalibrasi Suhu pada Sensor DHT 22 dan Thermohygrometer

Jam	Sensor Dalam (°C)	Thermohygrometer (°C)	Error (%)	Sensor Luar (°C)	Thermohygrometer (°C)	Error (%)
07.00	22	22,1	0,45	21	21,2	0,94
08.00	25	26	3,85	24	24,4	1,64
09.00	30	30,9	2,91	29	30,1	3,65
10.00	32	32,3	0,93	31	31,6	1,90
11.00	33	33,1	0,30	32	32,2	0,62
12.00	33	34,1	3,23	32	32,4	1,23
13.00	34	35,5	4,23	34	35	2,86
14.00	34	35,1	3,13	34	34,2	0,58
15.00	34	34,6	1,73	33	33	0,00
16.00	32	32,1	0,31	31	30,1	2,99
17.00	29	30,2	3,97	28	28	0,00
18.00	27	28,3	4,59	26	25,3	2,77
Rata-rata		2,47			1,60	

Berdasarkan Tabel 1, didapatkan nilai rata-rata error pada data suhu satu dan dua yaitu 2,47 % dan 1,60 %, dengan tingkat akurasi data yang didapatkan sebesar 97,53 % dan 98,4 %. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Puspasari, Satya, Oktiawati, Fahrurrozi, dan Prisyanti (2020), didapatkan nilai rata-rata error 2,31 % atau dengan tingkat akurasi 97,69 % untuk suhu [15], [16]. Hal ini dapat menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor DHT 22 pada penelitian ini dapat dikatakan akurat dengan tingkat keakuratan pembacaan data mendekati 100 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor pada *mini greenhouse* dapat bekerja dengan benar, dapat dilihat hasil kalibrasi terhadap sensor kelembaban DHT 22 pada Tabel 2.



Tabel 2. Kalibrasi Kelembaban pada Sensor DHT 22 dan Thermohygrometer

Jam	Sensor Dalam (°C)	Thermohygrometer (°C)	Error (%)	Sensor Luar (°C)	Thermohygrometer (°C)	Error (%)
07:00	99	98,2	0,81	99	91,6	8,08
08:00	93	92,1	0,98	90	85,4	5,39
09:00	80	79,5	0,63	83	77,6	6,96
10:00	78	77,3	0,91	81	74,8	8,29
11:00	77	76,4	0,79	77	71,3	7,99
12:00	75	73,8	1,63	75	67,6	10,95
13:00	79	78,3	0,89	66	60,3	9,45
14:00	81	80,3	0,87	60	63,2	5,06
15:00	82	81,6	0,49	63	59,1	6,60
16:00	85	83,8	1,43	75	71,1	5,49
17:00	89	88,5	0,56	83	78,0	6,41
18:00	91	89,8	1,34	89	83,2	6,97
Rata-rata		0,94			6,46	

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan rata-rata nilai error kelembaban oleh pembacaan sensor dalam sebesar 0,94 %, kemudian nilai error kelembaban sensor luar sebesar 6,46 %. Pembacaan nilai error kelembaban sensor 1 yang diletakan di dalam mini greenhouse dan sensor 2 yang diletakan di luar mini greenhouse berbeda drastis karena setiap sensor DHT 22 tidak memiliki kinerja dalam pembacaan yang sama dikarenakan nilai error pembacaan kelembaban sensor DHT 22 akan berbeda mulai dari 1 % - 14 %. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Saptadi (2014), didapatkan nilai galat sensor DHT 22 sebesar 18 % untuk pembacaan nilai kelembaban [17], [18]. Berdasarkan pembacaan nilai kelembaban sensor DHT 22 pada penelitian sebelumnya, nilai pembacaan kelembaban sensor DHT 22 pada penelitian ini lebih baik karena lebih mendekati 100 %, dimana tingkat akurasi pada penelitian sebelumnya sebesar 82 %, sedangkan tingkat akurasi pada penelitian ini sebesar 99,06 % untuk sensor 1 dan 93,54 % untuk sensor 2.

3.2.5 Waktu Hidup Misting

Berdasarkan dari hasil pengambilan data yang telah dilakukan, waktu misting hidup terjadi pada pukul 10:43 WIB. Hidupnya misting akibat nilai suhu yang terbaca oleh sensor saat itu sebesar 28 °C. Sesuai dengan perintah yang diberikan pada sistem, bahwa apabila suhu yang terbaca ≥ 28 °C, maka mikrokontroler memberi sinyal kepada relay untuk menghidupkan pompa misting. Selanjutnya, apabila sensor membaca nilai suhu sebesar ≤ 28 °C, maka mikrokontroler memberi sinyal kepada relay untuk mematikan pompa misting. Pengujian hidup pompa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Hidup Pompa Misting

Jam	No Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Keterangan Pompa
08.00	26	90	Mati
09.00	27	79	Mati
10.00	28	75	Mati
11.00	30	79	Nyala
12.00	32	81	Nyala
13.00	34	80	Nyala
14.00	32	79	Nyala
15.00	30	81	Nyala



16.00	29	85	Nyala
17.00	29	86	Nyala
18.00	27	86	Mati
19.00	26	88	Mati
20.00	25	90	Mati

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa adanya perbedaan terhadap kondisi pompa, hal ini dapat terjadi karena kondisi tersebut memang sudah diprogram sejak awal, karena batasan minimum dari suhu yaitu $< 28^{\circ}\text{C}$ dan maksimum yaitu $> 28^{\circ}\text{C}$. Jadi, apabila suhu mengalami peningkatan lebih dari 28°C , maka pompa akan tetap hidup, pompa akan mati jika suhu yang terbaca yaitu kurang dari 28°C . Hal ini sesuai dengan syarat pertumbuhan cabai yaitu antara $24^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$ [19]. Batas Toleransi kelembaban tanaman cabai yaitu $\pm 80\%$.

3.3 Uji Kinerja Alat

3.3.1 Suhu dan Kelembaban Selama Proses Tanaman

Suhu merupakan salah satu faktor penting di dalam proses tumbuh kembang tanaman. Suhu memberikan energi pada tanaman agar tanaman dapat melaksanakan proses-proses fisiologisnya, evapotranspirasi daun dan metabolisme tanaman [10]. Maka dari itu, adanya sistem kontrol ini bertujuan agar dapat menjaga kondisi suhu pada tanaman.

Tabel 4. Perbedaan Rata-Rata Suhu dan Kelembaban

Jam (WIB)	Mini Greenhouse		Luar Mini Greenhouse	
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
08.00	26	80	24	86
12.00	34	76	31	75
16.00	31	84	29	81
20.00	25	91	22	94

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan hasil rata-rata pembacaan suhu *greenhouse* oleh sensor satu DHT 22 selama 28 hari, dapat dikatakan bahwa sistem kontrol di dalam *greenhouse* dapat menjaga suhu maksimal 34°C yang merupakan suhu maksimal untuk pertumbuhan tanaman cabai. Saat siang hari kondisi di luar *greenhouse* menunjukkan rata-rata suhu tertinggi yaitu mencapai 31°C , sedangkan kondisi suhu di dalam *greenhouse* lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di luar *greenhouse* dengan rata-rata 34°C , walaupun lebih tinggi dibandingkan suhu di luar *greenhouse* namun masih di rentang kebutuhan optimum tanaman cabai yaitu $28^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$. Apabila tanpa sistem kontrol, suhu di dalam *greenhouse* bisa lebih tinggi sampai $> 35^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa sistem kontrol dapat menjaga suhu di dalam *greenhouse* sesuai kebutuhan tanaman cabai yaitu $28^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$.

Hasil data rata-rata kelembaban pada Tabel 4, dapat dilihat kelembaban di dalam *greenhouse* pukul 8:00 WIB tercatat 80 %, sedangkan kelembaban di luar *greenhouse* tercatat 86 %, kelembaban di luar *greenhouse* lebih tinggi dengan selisih 6 %. Siang hari pada pukul 12:00 WIB tercatat kelembaban di dalam *greenhouse* yaitu 76 % dan kelembaban luar *greenhouse* 75 %, nilai tersebut menunjukkan bahwa kelembaban di dalam *greenhouse* lebih tinggi dibandingkan dengan kelembaban di luar *greenhouse*, hal tersebut menunjukkan bahwa sistem di dalam *greenhouse* bekerja dengan baik, sehingga saat kelembaban $< 75\%$, maka misting menyala dan meningkatkan kelembaban di dalam *mini greenhouse*. Pukul 16.00 WIB kelembaban di dalam *mini greenhouse* tercatat 84 % dan di luar *mini greenhouse* tercatat 81 %, hal ini menunjukkan bahwa di dalam *greenhouse* penurunan kelembaban lebih lambat karena air yang dihasilkan misting terkurung di dalam *mini greenhouse*, sehingga penurutan kelembaban didalam *mini greenhouse* menjadi terhambat. Kemudian, pada pukul 20.00 WIB kelembaban di dalam *mini greenhouse* tercatat 91 % dan kelembaban di luar *mini*



greenhouse 94 %. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban di dalam mini *greenhouse* pada pukul 20.00 WIB lebih tinggi 11 % dari kebutuhan tanaman cabai.

3.3.2 Pengamatan Tanaman

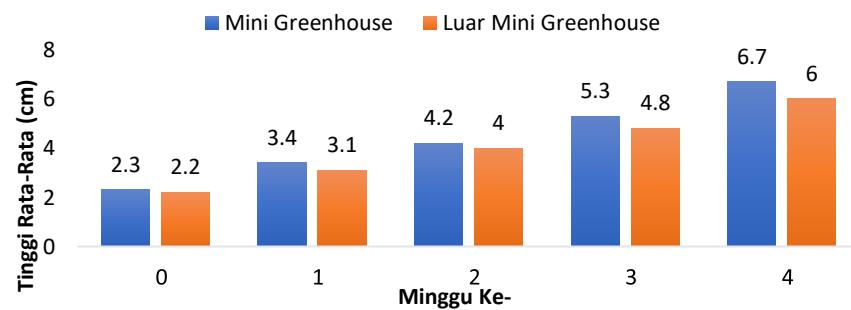
3.3.2.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur pada minggu ke- 0 yaitu saat tanaman akan dipindahkan ke masing-masing perlakuan. Selanjutnya, tinggi tanaman diukur di minggu ke-1, minggu ke-2, minggu ke-3, hingga minggu ke-4. Tinggi tanaman di dalam *mini greenhouse* dan di luar *mini greenhouse* diukur dengan cara yang sama menggunakan penggaris dan diukur dari bagian batang di atas rockwool hingga ujung batang paling tinggi. Perbedaan tinggi rata-rata tanaman cabai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tinggi Rata-Rata Tanaman Cabai

Minggu Ke-	Perlakuan	Tinggi Rata-Rata (cm)
Minggu Ke-0	Mini Greenhouse	2,3
	Luar Mini Greenhouse	2,2
Minggu Ke-1	Mini Greenhouse	3,4
	Luar Mini Greenhouse	3,1
Minggu Ke-2	Mini Greenhouse	4,2
	Luar Mini Greenhouse	4,0
Minggu Ke-3	Mini Greenhouse	5,3
	Luar Mini Greenhouse	4,8
Minggu Ke-4	Mini Greenhouse	6,7
	Luar Mini Greenhouse	6,0

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan pada cabai merah, suhu dan kelembaban mempengaruhi tinggi tanaman cabai merah [11], [20]. Penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan suhu terkontrol di dalam *mini greenhouse* dan suhu di luar *mini greenhouse* juga memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman cabai. Grafik perbedaan tinggi rata-rata tanaman cabai dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Rata-rata Tinggi Tanaman Cabai

3.3.2.2 Lebar Daun

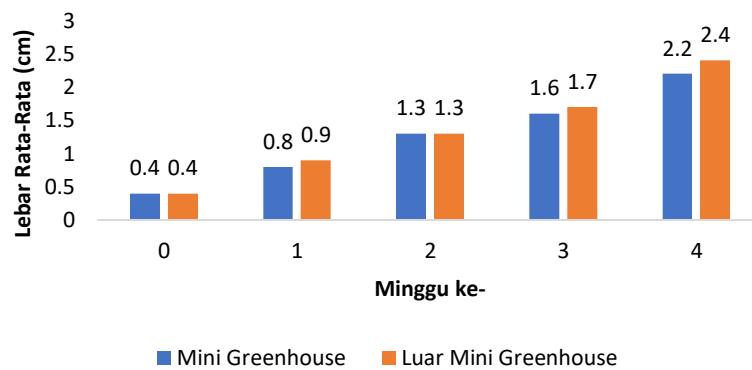
Lebar daun tanaman diukur pada minggu ke- 0 yaitu saat tanaman telah dipindahkan ke masing-masing perlakuan. Selanjutnya lebar daun tanaman diukur pada minggu ke-1 hingga ke-4. Lebar tanaman di dalam *mini greenhouse* dan di luar *mini greenhouse* diukur dengan cara yang sama yaitu menggunakan penggaris dan diukur dari sisi



kiri daun hingga sisi kanan daun. Rata-rata lebar daun tanaman dapat dilihat pada Tabel 6 dan grafik rata-rata lebar daun tanaman cabai dapat dilihat pada Gambar 15.

Tabel 6. Rata-Rata Lebar Daun Tanaman Cabai

Minggu ke-	Perlakuan	Tinggi Rata-Rata (cm)
Minggu ke-0	Mini Greenhouse	0,4
	Luar Mini Greenhouse	0,4
Minggu ke-1	Mini Greenhouse	0,8
	Luar Mini Greenhouse	0,9
Minggu ke-2	Mini Greenhouse	1,3
	Luar Mini Greenhouse	1,3
Minggu ke-3	Mini Greenhouse	1,6
	Luar Mini Greenhouse	1,7
Minggu ke-4	Mini Greenhouse	2,2
	Luar Mini Greenhouse	2,4



Gambar 15. Grafik Rata-Rata Lebar Daun Tanaman Cabai

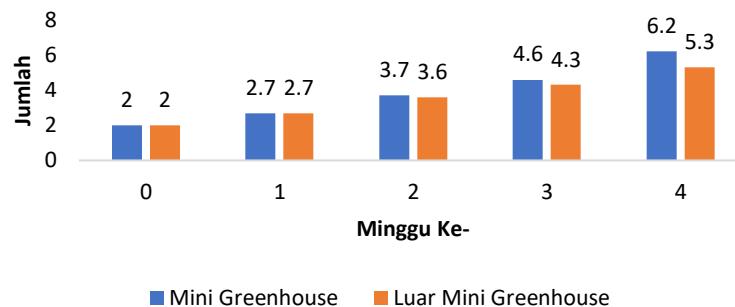
3.3.2.3 Jumlah Daun

Jumlah daun tanaman diukur pada minggu ke-1 yaitu saat tanaman selesai disemai dan akan dipindahkan ke masing-masing perlakuan. Selanjutnya, jumlah daun tanaman diukur di minggu ke-0, minggu ke-1 minggu ke-2, minggu ke-3, dan minggu ke-4. Data rata-rata jumlah daun dari minggu ke-0 hingga minggu ke-4 dapat dilihat pada Tabel 7 dan grafik rata-rata jumlah daun tanaman cabai dapat dilihat pada Gambar 16.

Tabel 7. Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Cabai

Minggu ke-	Perlakuan	Rata-Rata Jumlah Daun
Minggu ke-0	Mini Greenhouse	2
	Luar Mini Greenhouse	2
Minggu ke-1	Mini Greenhouse	2,7
	Luar Mini Greenhouse	2,7
Minggu ke-2	Mini Greenhouse	3,7
	Luar Mini Greenhouse	3,6

Minggu ke-3	Mini Greenhouse	4,6
	Luar Mini Greenhouse	4,3
Minggu ke-4	Mini Greenhouse	6,2
	Luar Mini Greenhouse	5,3



Gambar 16. Grafik Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Cabai

Terdapat perbedaan data antara pertumbuhan jumlah daun tanaman cabai pada perlakuan suhu dan kelembaban terkontrol di dalam *mini greenhouse* dan perlakuan suhu dan kelembaban yang tidak dikontrol di luar *mini greenhouse*. Jumlah daun tanaman saat dipindahkan ke sistem hidroponik masing-masing perlakuan berjumlah sama yaitu 2 helai . Perbedaan jumlah daun antara tanaman yang ada di dalam *mini greenhouse* dan tanaman di luar *mini greenhouse*. Hal ini disebabkan oleh faktor hama, daun tanaman cabai yang berada di luar *greenhouse* terserang hama dan juga disebabkan oleh kondisi lingkungan luar *mini greenhouse* sedang tidak baik saat pengamatan dilakukan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol pada mini greenhouse dapat mengontrol suhu dengan suhu rata-rata terendah yaitu 24 °C dan suhu rata-rata tertinggi yaitu 34 °C, sesuai dengan syarat tumbuh optimum tanaman cabai yaitu suhu 28 °C - 34 °C. Kelembaban rata-rata tertinggi di dalam mini greenhouse yaitu 91 % dan terendah 76 %, sedangkan kelembaban untuk tumbuh optimum tanaman cabai adalah 80 %, yang artinya kelembaban rata-rata di dalam greenhouse masih lebih tinggi 11 % dari syarat tumbuh optimum yang dibutuhkan tanaman cabai. Monitoring sistem kontrol suhu dan kelembaban dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan smartphone melalui aplikasi Blynk. Secara teknis sistem yang dirancang sudah bekerja dengan baik sesuai dengan set point yang dimasukan yaitu misting akan menyala apabila suhu $> 28^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban 80 % dan akan mati apabila suhu $< 28^{\circ}\text{C}$. Apabila suhu masih $> 28^{\circ}\text{C}$, maka misting akan tetap hidup walau kelembaban sudah $> 80\%$. Kinerja sistem dalam penelitian masih belum sepenuhnya dapat mengontrol suhu dan kelembaban sesuai dengan syarat tumbuh optimum cabai, selama 28 hari pengamatan suhu rata-rata di dalam greenhouse 24 °C - 34 °C dan kelembaban rata-rata di dalam greenhouse 76 % - 91 %. Kelembaban di dalam greenhouse masih lebih tinggi 11 % dari syarat tumbuh optimum cabai. Perbedaan tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun rata-rata tanaman pada minggu ke-4 di dalam greenhouse yaitu 6 cm, 2,2 cm, dan 6,2 helai.



5. Referensi

- [1] M. F. Z. Muttaqin and R. Primananda, "Sistem Pengaturan Agroklimat Berbasis IoT Pada Budidaya Vanili Menggunakan Metode Fuzzy," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 1622–1658, Jan. 2025, doi: 10.1109/COMST.2021.3075439.
- [2] S. R. P. Ananda, A. A. Y. R. Zain, and N. M. Rif'at, "Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis pada Greenhouse Hidroponik," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis*, pp. 1159–1167, Jul. 2025, doi: 10.47701/m9xraf27.
- [3] M. R. Mughdhor, A. Murtono, and E. S. Budi, "Rancang Bangun Sistem Kendali dan Monitoring Smart Greenhouse pada Budidaya Anggrek Dendrobium Berbasis IoT," *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, vol. 3, no. 1, pp. 32–39, Jan. 2024, doi: 10.33379/metrotech.v3i1.3566.
- [4] L. P. A. S. Tjahyani, P. A. Pratama, P. S. Prabawa, and M. S. Gitakarma, "Desain dan Implementasi Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban di Greenhouse dengan Pendekatan Fuzzy," *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, vol. 10, no. 1, pp. 21–25, 2025, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: https://ejournal.ust.ac.id/index.php/Jurnal_Means/article/view/4508
- [5] D. A. Permana, C. W. Kurniawan, and M. H. Sidiq, "Smart Greenhouse Otomatis Berbasis IoT untuk Tanaman Selada," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis*, pp. 642–652, Jul. 2025, doi: 10.47701/94e5yp87.
- [6] M. Aureldo, J. Renaldi, and D. Wijaya, "Perancangan Alat Deteksi Suhu dan Kelembapan Gudang Penyimpanan Pupuk Menggunakan DHT22 Berbasis IoT," *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, vol. 14, no. 1, pp. 24–35, Jun. 2025, doi: 10.31571/saintek.v14i1.8941.
- [7] I. Juliana, L. R. Amanda, L. A. R. Oktafiani, Muhammad, and N. L. T. D. Damayanti, "Budidaya Tanaman Cabai Sebagai Upaya Mendukung Program Go Green di SDN Model Mataram," *Dedikasi Cendekia: Warta Pengabdian Pendidikan*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2025, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: https://publik.educ3.org/index.php/dedikasi_cendekia/article/view/34
- [8] A. Fadhilah, "Pemanfaatan dan Implementasi Sistem IOT untuk Pengelolaan Irigasi Cerdas pada Greenhouse," in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2025, pp. 280–284. Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/SNTE/article/view/3783>
- [9] T. Putra, L. Linnaninengseh, and M. Fatman, "Efektivitas Penggunaan Hidroponik Sistem Nft (Nutrient Film Technique) Dalam Budidaya Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Terhadap Kemiringan Pipa Dan Jarak Antar Tanaman," *Jurnal Agroterpadu*, vol. 3, no. 2, pp. 117–122, Aug. 2024, doi: 10.35329/JA.V3I2.5122.
- [10] A. Tasrif, D. Sulistyowati, Yuliar, B. Adirianto, E. Krisnawati, and D. Sugihati, "Potensi Cendawan Antagonis *Trichoderma Viride* Isolat Bogor sebagai Agensi Pengendalian Hayati Penyakit Antraknosa Tanaman Cabai Merah," *Jurnal Agroekoteknologi dan Agrabisnis*, vol. 8, no. 1, pp. 69–80, Jul. 2024, doi: 10.51852/jaa.v8i1.731.
- [11] P. S. Rini and F. F. Wahidah, "Pengaruh Variasi Dosis Pupuk Kasgot Kotoran Ayam terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.)," *Flora : Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, vol. 1, no. 2, pp. 32–43, Jun. 2024, doi: 10.62951/flora.v1i2.53.
- [12] M. Zikri, M. Fikry, and R. Suwanda, "Rancang Bangun Smart Greenhouse Otomatis Berbasis Internet of Things dengan Kontrol Rule-Based untuk Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Tomat," *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 10, no. 2, pp. 693–700, Jul. 2025, doi: 10.36341/rabit.v10i2.6435.
- [13] K. Pandey, "Nutrient Management Strategies for Water and Nutrient Saving in Substrate Soilless Culture Under Protected Cultivation," 2024, pp. 369–386. doi: 10.1007/978-981-97-0341-8_18.
- [14] A. Anwar *et al.*, "Effects of NH4+-N: NO3--N Ratio on Growth, Nutrient Uptake and Production of Blueberry (*Vaccinium* spp.) under Soilless Culture," *Front Plant Sci*, vol. 15, Oct. 2024, doi: 10.3389/fpls.2024.1438811.



- [15] Md. D. Sarkar, S. Akter, A. A. Bakhshwain, M. A. A. Mousa, and O. H. Ibrahim, "Influence of Effective Irrigation Water Usage on Carrot Root Productivity and Quality Properties in Soilless Culture," *J Soil Sci Plant Nutr*, vol. 24, no. 1, pp. 1042–1058, Mar. 2024, doi: 10.1007/s42729-023-01608-6.
- [16] J. Armando, Y. A. R. Langi, E. Tenda, and E. Ketaren, "Purwarupa Sistem Pengendalian Greenhouse Tanaman Tomat Menggunakan Raspberry Pi dan Fuzzy Logic," *Jurnal TIMES*, vol. 13, no. 2, pp. 309–318, Dec. 2024, doi: 10.51351/jtm.13.2.2024797.
- [17] R. R. Sutanto, H. R. Fauzan, and M. Fathurahman, "Analisa Akurasi Pembacaan Suhu oleh Modul DHT22 pada Sistem Monitoring Inkubator Telur Ayam," Seminar Nasional Inovasi Vokasi. Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv/article/view/3915>
- [18] M. Kadafi, Y. Yarwati, and R. Sanjaya, "Optimasi Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium cepa L. Aggregatum* Group) melalui Penerapan Pupuk Organik Cair," *Tanah Samawa: Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Feb. 2024, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.uts.ac.id/jsa/article/view/3913>
- [19] L. Uziah, L. D. Samsumar, Zaenudin, and A. Subki, "Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Otomatis Pemupukan Tanaman Bawang Merah di Desa Perampuan," *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, vol. 3, no. 4, pp. 199–210, Oct. 2024, doi: 10.55537/cosie.v3i4.946.
- [20] Q. A'yun, B. N. Fitriani, D. M. Fardhani, and I. A. Nugraheni, "Analisis Insidensi Virus Gemini pada Tanaman Cabai (*Capsicum Frutescens*)," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, pp. 1–11, Feb. 2025, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://proceeding.unisayogya.ac.id/index.php/prosemnaslppm/article/view/1226>