



Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu dan Kelembaban GreenHouse untuk Produksi Green Fodder

Alwan J.Ishak ^{a,1}, Rahman Arifuddin ^{a,2*}, Subairi ^{a,3}

^aTeknik Elektro Universitas Merdeka Malang, Indonesia

¹ alwanishak27@gmail.com; ² rahman.arifuddin@unmer.ac.id*; ³ subairi@unmer.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO	ABSTRAK
Article History Submission : 24-12-2025 Revision : 17-01-2026 Accepted : 14-03-2026 Kata Kunci: Greenhouse, Green Fodder, IoT, Automatic Control, Monitoring System	<i>The high cost of livestock feed and dependence on seasonal forage highlight the need for a more efficient and controlled green fodder corn production system. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based greenhouse control and monitoring system to maintain optimal environmental conditions for green fodder corn production. The system was developed using a Wemos D1 R2 microcontroller integrated with a DHT11 temperature and humidity sensor, a Real Time Clock (RTC) module, fans, a water pump, and grow lights, with Blynk as a remote monitoring platform. Experimental results indicate that the system is able to automatically and stably regulate temperature, humidity, irrigation, and lighting, with average sensor errors of 0.64 °C for temperature and 4.91% for humidity. The novelty of this research lies in the integration of environmental control and scheduled management of green fodder corn growth phases within a simple and practical IoT system, specifically designed to support rapid-harvest forage production in greenhouse environments.</i> This is an open access article under license CC-BY-SA. 

1. Pendahuluan

Pakan merupakan komponen terbesar dalam biaya operasional peternakan, menyumbang sekitar 60–70% dari total biaya produksi [1, p. 128]. Masalah ini diperparah oleh ketergantungan yang tinggi terhadap pakan hijauan dari lahan terbuka, yang sangat dipengaruhi oleh faktor musiman. Pada musim kemarau, banyak peternak kesulitan mendapatkan rumput hijauan karena minimnya curah hujan yang menyebabkan lahan menjadi kering dan tidak produktif. Di sisi lain, pada musim hujan, meskipun hijauan melimpah, seringkali kualitasnya rendah akibat kandungan air yang terlalu tinggi dan kerentanan terhadap pembusukan [1, p. 128].

Untuk menjawab tantangan tersebut, inovasi berupa *green fodder* jagung (pakan hijauan hasil kecambah biji jagung yang ditanam secara hidroponik) telah muncul sebagai solusi strategis. Metode ini tidak memerlukan tanah, cukup menggunakan media air dan rak vertikal, dan dapat dilakukan di dalam ruangan atau *greenhouse*. Dengan siklus panen yang cepat, yakni 7–10 hari, *green fodder* tidak hanya menghemat waktu, tetapi juga meningkatkan efisiensi produksi pakan [11].

Meskipun metode *fodder* jagung menjanjikan, keberhasilan budidaya sangat bergantung pada kondisi lingkungan mikro tempat pertumbuhan berlangsung. *Fodder* jagung memerlukan lingkungan yang dikendalikan secara ketat, seperti suhu optimal sekitar 23°C–27°C,

kelembapan 60%–80%, dan intensitas cahaya sekitar 438 –1.150 *lux* atau 8–12 jam per hari [3], [11],[13]. Ketidaksesuaian parameter lingkungan ini dapat memperlambat pertumbuhan, menyebabkan pertumbuhan jamur, atau menurunkan kualitas pakan [12].

Untuk itu, dibutuhkan sistem kontrol dan monitoring otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi dan menyesuaikan parameter lingkungan secara real-time. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor suhu dan kelembapan yang terhubung ke mikrokontroler serta dikendalikan melalui perangkat lunak atau dashboard digital. Penerapan sistem IoT pada greenhouse terbukti mampu meningkatkan kestabilan lingkungan tumbuh serta efisiensi pemeliharaan tanaman [2], [9], [12], [15].serta dikendalikan melalui perangkat lunak atau *dashboard* digital. Teknologi ini mampu mengaktifkan sistem pengkabutan, pemanas, atau kipas secara otomatis guna menjaga kestabilan lingkungan tumbuh [3, p. 78].

Berdasarkan pemaparan-pemaparan tersebut, peneliti terdorong untuk melaksanakan penelitian tentang “Pengembangan Sistem Kontrol dan Monitoring untuk Pemeliharaan Kondisi Optimal *Greenhouse* pada Produksi *Green fodder*” [9].

Penelitian ini difokuskan untuk merancang dan mengembangkan sistem kontrol dan monitoring otomatis guna menjaga kondisi optimal bagi pertumbuhan *green fodder* jagung. Dengan tujuan akhir untuk menciptakan solusi pakan ternak yang ekonomis, fleksibel, dan terotomatisasi.

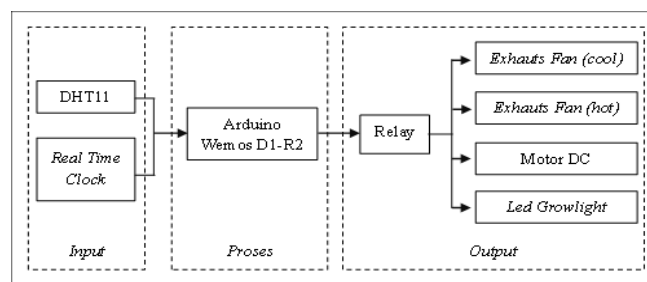
2. Metode Penelitian

Bab ini berisi paparan dan tahapan-tahapan atau Langkah-langkah untuk kontrol dan monitoring kondisi optimal greenhouse pada produksi green fodder

Berikut gambar blok diagram sistem kontrol dan monitoring otomatis pada *greenhouse* untuk produksi *green fodder* jagung.

Sistem ini memungkinkan pengaturan kondisi lingkungan secara otomatis dan *real-time* guna menjaga suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan *fodder* jagung di dalam *greenhouse*.

A. Diagram Blok Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 1. Blok Diagram sistem diatas, maka prinsip pengoperasian diagram blok dapat dijelaskan sebagai berikut:

Input:

1. Sensor DHT11: sensor ini berfungsi untuk mendeteksi suhu sekaligus kelembapan udara di dalam *greenhouse*. Hasil pembacaan berupa data suhu dan data kelembapan udara kemudian dikirim ke mikrokontroler arduino wemos untuk diproses sebagai parameter untuk menggerakkan kipas udara masuk maupun udara keluar. Ketika suhu dalam ruang *greenhouse* berada dibawah suhu yang ditentukan, maka mikrokontrol

akan memerintah relay dan relay akan menghidupkan *exhausts fan* dalam kondisi *On* dan kondisi *Off* pada saat suhu ruangan *greenhouse* telah mencapai suhu yang ditentukan untuk mendapatkan suhu ruang *greenhouse* tetap dalam kisaran suhu yang optimal.

2. *Real Time Clock* (RTC): berfungsi untuk mengatur jadwal penyiraman dan penyinaran otomatis. RTC memungkinkan sistem (mikrokontroler arduino wemos) untuk mengetahui waktu saat ini dan membandingkannya dengan jadwal yang telah diprogram, sehingga relay dapat menghidupkan dan mematikan lampu di *greenhouse* secara otomatis. Serta relay juga dapat menghidupkan dan mematikan motor DC secara otomatis sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Proses:

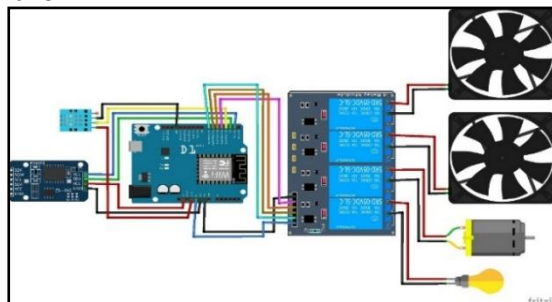
Mikrokontroler Arduino Wemos D1-R2 berfungsi sebagai otak untuk memproses input yang dimasukkan dan memproses output yang akan dikeluarkan. Selain itu mikrokontroler juga yang mengintegrasikan seluruh input dan output agar terintegrasi dengan *Internet of things*(IoT).

Output:

1. Relay 4 Channel: merupakan komponen yang berfungsi sebagai saklar yang dapat memutus dan menyambungkan arus sesuai dengan perintah.
2. *Exhaust Fan* atau Kipas Mini: digunakan untuk pendingin dan penghangat untuk mengatur sirkulasi udara sehingga menstabilkan suhu dan kelembaban udara di dalam *greenhouse*.
3. Motor DC / *Water Pump*: digunakan untuk mengalirkan air dari bak penampungan ke dalam *greenhouse* dan menggunakan misting nozzel sebagai alat penyiraman sehingga fodder jagung mendapatkan air yang cukup.
4. *Led Growlight*: digunakan sebagai alat penyinaran, sehingga fodder jagung mendapatkan cahaya yang cukup.

Selain itu, informasi tentang kondisi suhu dan kelembaban udara serta jadwal penyiraman dan penyinaran di dalam *greenhouse* dapat dipantau melalui aplikasi *Blynk*. Ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memonitor kondisi *greenhouse* secara efektif.

B. Perancangan Hardware

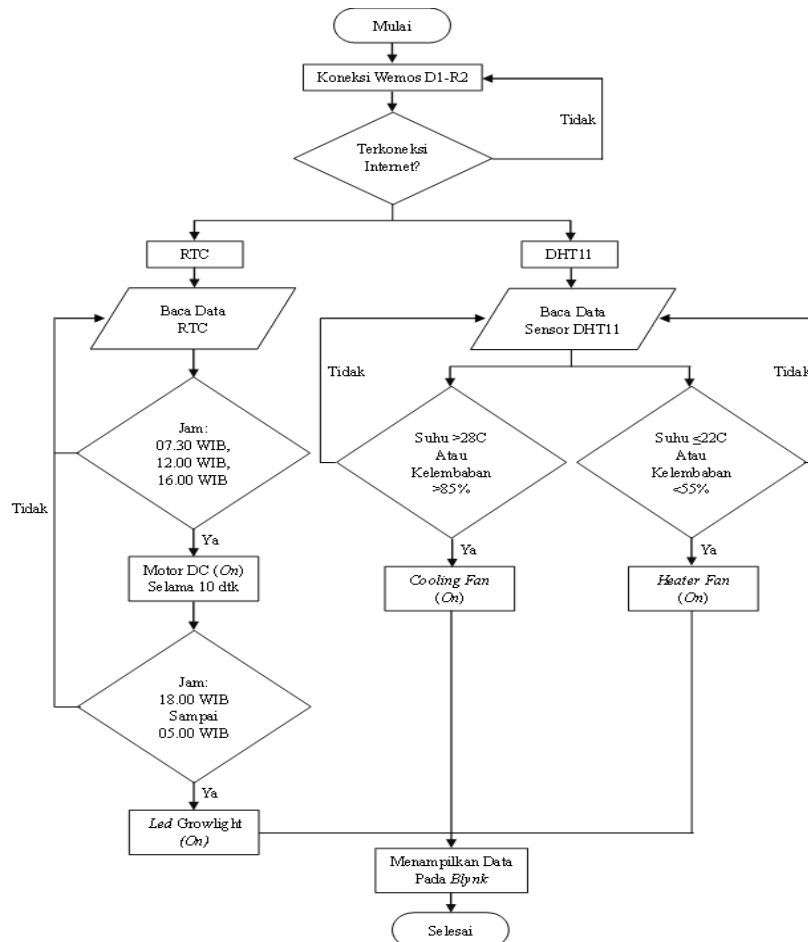


Gambar 2. Perancangan Hardware

Rangkaian system pada gambar 2 diatas, menunjukkan implementasi nyata dari kontrol otomatis berbasis IoT dalam mengatur lingkungan *greenhouse*. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi dan merespons perubahan suhu, kelembaban udara, serta

kebutuhan pencahayaan secara otomatis menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2 (berbasis ESP8266) yang mendukung koneksi WiFi untuk pengembangan lebih lanjut menuju sistem monitoring berbasis *blynk*. Terdapat juga beberapa *actuator* yaitu *exhaust fan*, *motor dc*, dan *growlight* yang dikendalikan oleh *relay*.

C. Perancangan Software



Gambar 3. Perancangan Software

Gambar 3. diatas merupakan *flowchart* yang menunjukkan gambaran langkah-langkah dengan bentuk diagram dimana satu sama lain dihubungkan dengan garis dan arah panah. *Flowchart* berfungsi untuk menggambarkan dan menjelaskan setiap proses yang terjadi dalam suatu program, sebelum memulai proses suatu program, sangat penting adanya *flowchart* agar alur proses dapat menjadi lebih ringkas, jelas, dan meminimalisir potensi kesalahan tafsir.

Flowchart tersebut menjelaskan alur kerja sistem kontrol otomatis *greenhouse* untuk produksi fodder jagung menggunakan wemos D1 R2, sensor DHT11, modul RTC, dan platform *blynk*. Sistem ini bertujuan untuk:

1. Menjaga suhu dan kelembaban optimal,
2. Menyiram secara otomatis,
3. Menyediakan pencahayaan buatan dengan *led growlight*,

4. Menyajikan data monitoring secara online.

Adapun langkah-langkah kerja sistem dari *flowcart* dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Inisialisasi Sistem

Sistem dimulai dengan koneksi perangkat wemos D1 R2. Sistem akan mengecek apakah wemos terhubung ke internet atau tidak. Jika tidak, proses tidak akan dilanjutkan ke kontrol berbasis *blynk*. Jika ya, sistem akan lanjut membaca data dari sensor dan RTC.

2. Pembacaan Waktu (RTC)

RTC akan membaca jam aktual untuk keperluan:

- a. Penyiraman otomatis (Motor DC dengan alat *misting nozzle*),
- b. Penyalaan *led growlight*.

Jika waktu menunjukkan pukul 06.00 WIB, 12.00 WIB dan 18.00 WIB maka motor DC (penyiram) akan menyala selama 10 detik. Jika waktu antara 18.00 WIB – 05.00 WIB maka *led growlight* akan menyala untuk menggantikan cahaya alami pada malam hari.

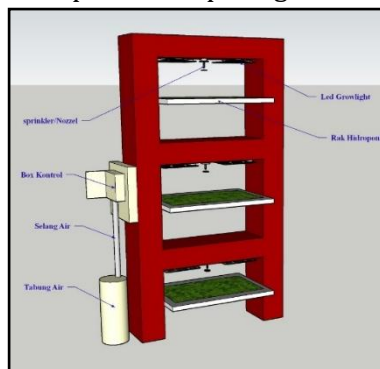
3. Pembacaan Sensor DHT11 (Suhu & Kelembaban)

Sensor DHT11 akan membaca kondisi lingkungan secara *real-time*. Jika suhu $> 28^{\circ}\text{C}$ atau kelembaban $> 85\%$ maka *cooling fan* (pendingin) dinyalakan. Jika suhu $< 22^{\circ}\text{C}$ atau kelembaban $< 55\%$ maka *heater fan* (penghangat/sirkulasi) dinyalakan.

Sistem memungkinkan kedua *exhausts fan* Off jika suhu dan kelembaban berada dalam rentang ideal ($23\text{--}27^{\circ}\text{C}$ dan $60\text{--}80\%$).

D. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik merupakan skema rangkaian yang akan digunakan untuk menampilkan perangkat, komponen dan bahan yang digunakan untuk proses pengambilan data, serta setiap komponen perangkat akan saling dihubungkan. Adapun desain rancangan mekanik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Perancangan Mekanik

E. Perancangan *GreenHouse*

Berikut gambar perancangan *greenhouse* untuk produksi *fodder* jagung. *Greenhouse* ini dirancang untuk menciptakan lingkungan yang lebih terkontrol, terlindung dari pengaruh cuaca luar, dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih stabil sepanjang waktu. Pada rancangan ini menunjukkan rancangan sebuah *greenhouse* mini yang memiliki dimensi panjang 1 m, lebar 80cm, dan tinggi 80cm. Ukuran tersebut dirancang agar tetap efisien namun mampu menampung kebutuhan dasar dalam proses pertumbuhan *fodder* jagung. Struktur *greenhouse* dibuat dengan rangka kayu yang sederhana namun kokoh, serta dilapisi bahan transparan untuk memungkinkan cahaya matahari masuk secara optimal.



Gambar 5. Perancangan *GreenHouse*

3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini memuat hasil dan pembahasan untuk setiap diagram blok yang di uji.

1. Pengujian Sensor DHT11

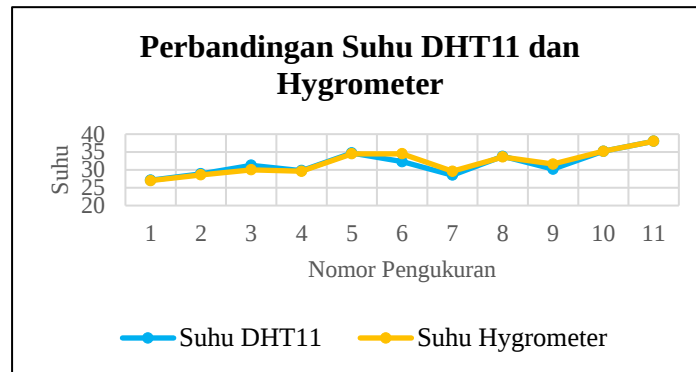
Pengujian sesnsor DHT11 dilakukan untuk mengetahui kinerja dan akurasi dalam mengukur suhu, pada pengujian ini pembacaan sensor DHT11 di bandingkan dengan pembacaan dari hygrometer dan hasil di tampilkan pada table 1.

Tabel 1. Pengujian sesnsor DHT11

No	Suhu DHT (°C)	RH DHT (%)	Suhu Hygrometer (°C)	RH Hygrometer (%)	Error Suhu (°C)	Error RH (%)
1	27.1	82	27.0	72	0.10	10.0
2	28.9	81	28.6	68	0.30	13.0
3	31.3	61	30.0	63	1.30	2.0
4	29.8	68	29.6	67	0.20	1.0
5	34.7	53	34.5	54	0.20	1.0
6	32.3	67	34.5	59	2.20	8.0
7	28.5	72	29.6	64	1.10	3.0
8	33.8	54	33.6	56	0.20	5.0
9	30.2	67	31.6	61	1.40	6.0
10	35.2	56	35.2	54	0.00	3.0
11	38.0	44	38.0	47	0.00	2.0

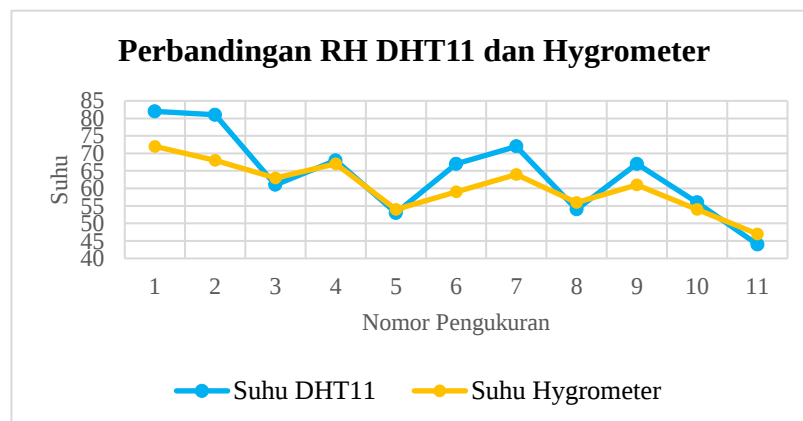
Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 11 data pengukuran, diperoleh total error suhu sebesar 7,0 °C dengan rata-rata error 0,64 °C, sedangkan total error kelembaban sebesar 54 % dengan rata-rata error 4,91 %. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 masih berada dalam batas toleransi spesifikasi sensor dan layak digunakan sebagai alat pemantauan suhu dan kelembaban.

Untuk memperjelas pola perbandingan hasil pengukuran, data suhu dan kelembaban kemudian disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan suhu antara sensor DHT11 dan *hygrometer* ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Suhu DHT11 dan *Hygrometer*

Berdasarkan Gambar 6 diatas, terlihat bahwa nilai suhu yang diukur oleh sensor DHT11 dan *hygrometer* memiliki pola perubahan yang sangat mirip pada setiap titik pengukuran. Kenaikan dan penurunan suhu yang terjadi pada *hygrometer* diikuti oleh sensor DHT11 dengan selisih yang relatif kecil. Pada sebagian besar pengukuran, perbedaan suhu berada di bawah $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$, bahkan pada pengukuran ke-10 dan ke-11 tidak ditemukan selisih sama sekali. Pola ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki kemampuan respons yang baik terhadap perubahan suhu lingkungan dan layak digunakan sebagai sensor suhu dalam sistem *greenhouse* berbasis IoT.



Gambar 7. Grafik Perbandingan RH DHT11 dan *Hygrometer*

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa nilai kelembaban yang diukur oleh sensor DHT11 cenderung lebih tinggi dibandingkan *hygrometer*, meskipun pola perubahan kelembaban pada kedua alat menunjukkan tren yang sejalan. Selisih kelembaban yang bervariasi antara 1% hingga 13% menunjukkan adanya deviasi pembacaan yang lebih besar

pada sensor DHT11. Kondisi ini dapat disebabkan oleh karakteristik sensor kapasitif DHT11 yang sensitif terhadap perubahan suhu, sirkulasi udara, serta posisi pemasangan sensor di dalam *greenhouse*.

2. Pengujian Kipas

Pengujian kipas dilakukan untuk mengetahui apakah kipas dapat bekerja dengan baik sesuai perintah dari sistem yang telah dirancang. Sebelum pengujian, seluruh rangkaian dipastikan sudah terhubung dengan benar, mulai dari sumber daya, mikrokontroler, hingga kipas sebagai aktuator.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat mengontrol suhu secara otomatis menggunakan kipas panas dan kipas dingin. Saat suhu berada pada kondisi normal (20°C–29°C), kedua kipas tidak aktif karena lingkungan masih stabil. Ketika suhu meningkat sampai 30°C atau lebih, kipas dingin menyala untuk menurunkan suhu. Sebaliknya, pada suhu rendah (19°C ke bawah), kipas panas aktif untuk menjaga suhu tetap stabil. Kelembaban dicatat sebagai data pendukung dan tidak mempengaruhi aktivasi kipas. Secara umum, pengujian menunjukkan bahwa 70etika bekerja sesuai logika yang dibuat, karena kipas hanya aktif 70etika suhu berada di luar batas normal.

3. Pengujian Pompa

Pengujian sistem penyiraman otomatis yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Pengujian difokuskan pada dua waktu penyiraman, yaitu pagi hari pukul 07.30 dan sore hari pukul 16.30. Setiap percobaan bertujuan untuk mengetahui apakah sistem penyiraman dapat berjalan sesuai jadwal yang telah ditentukan serta memastikan kondisi sistem tetap dalam keadaan normal selama proses pengujian berlangsung.

Berdasarkan hasil pengujian penyiraman, sistem melakukan penyiraman tanaman secara terjadwal dua kali sehari, yaitu pada pagi hari pukul 07.30 dan sore hari pukul 16.30. Dari hasil pengujian sebanyak 10 kali, penyiraman pada pagi dan sore hari seluruhnya berada pada kondisi berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan. Selain itu, status sistem pada setiap pengujian menunjukkan kondisi normal, yang menandakan bahwa modul waktu, pompa air, dan sistem kontrol bekerja sesuai dengan perancangan.

4. Pengujian Growlight

Pengujian growlight dilakukan sebagai tahap verifikasi untuk melihat kinerja lampu dalam sistem yang telah dirancang. Sistem kemudian dijalankan melalui program pada mikrokontroler untuk memastikan grow light dapat menerima perintah dengan benar.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem growlight bekerja secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Growlight menyala (ON) pada pukul 18.00 dan mati (OFF) pada pukul 06.00. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali, dan seluruh hasil menunjukkan waktu ON dan OFF yang konsisten.

Status sistem pada setiap pengujian berada dalam kondisi normal, yang menandakan bahwa modul waktu (RTC) dan kontrol growlight berfungsi dengan baik. Tidak ditemukan keterlambatan maupun kegagalan dalam proses penyalaan dan pemadaman lampu. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian growlight berjalan stabil dan sesuai dengan perancangan, sehingga mampu mendukung kebutuhan pencahayaan tanaman secara optimal.

5. Dashboard Blynk

Dashboard dirancang agar mampu menampilkan seluruh komponen sistem secara terstruktur dan mudah dipahami, bahkan bagi pengguna yang tidak terbiasa dengan pemrograman. Tampilan utama dibagi menjadi tiga kelompok besar: indikator lingkungan, kontrol sistem, dan indikator status relay.

6. Tampilan Keseluruhan



Gambar 8. Tampilan Keseluruhan

Berdasarkan gambar 8, yang merupakan tampilan keseluruhan dari greenhouse yang dimana telah dilakukan pengujian menyeluruh terhadap system, menunjukkan bahwa sensor suhu dan kelembaban berhasil membaca kondisi lingkungan di dalam greenhouse dan mengirimkan data ke mikrokontroler. Data tersebut kemudian diproses untuk mengendalikan kipas, motor DC/pompa, serta growlight secara otomatis. Pengaturan kipas bekerja berdasarkan nilai suhu, sedangkan pompa dan growlight dikendalikan sesuai jadwal waktu yang telah ditetapkan.

Variabel lingkungan yang diinginkan dapat dipertahankan sesuai kondisi optimal untuk tanaman, serta sistem mampu beroperasi secara otomatis sesuai parameter yang telah ditentukan. Selain itu, proses monitoring dapat dilakukan secara daring melalui platform Blynk, sehingga kondisi greenhouse dapat diamati secara real-time dari perangkat pengguna.

Untuk memperoleh hasil pertumbuhan fodder jagung yang optimal di dalam greenhouse, pemantauan sistem dilakukan berdasarkan fase pertumbuhan tanaman. Pengendalian suhu dan kelembapan lingkungan menjadi faktor penting karena sangat memengaruhi proses perkecambahan dan pertumbuhan awal fodder jagung. Oleh karena itu, pengujian sistem difokuskan pada kondisi lingkungan yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan.

a. Perendaman

Perendaman benih merupakan tahap awal yang sangat menentukan dalam proses produksi fodder jagung, karena berfungsi sebagai pemicu dimulainya aktivitas fisiologis benih sebelum memasuki fase perkecambahan. Pada kondisi awal sebelum perendaman, benih jagung berada dalam keadaan kering dengan kandungan air yang relatif rendah. Dalam kondisi ini, sebagian besar proses metabolisme benih masih berada pada keadaan

dorman, sehingga benih belum mampu melakukan aktivitas fisiologis yang diperlukan untuk pertumbuhan embrio



Gambar 9. Proses Perendaman H (0)

Berdasarkan gambar 9 diatas, dapat diuraikan bahwa proses perendaman dilakukan dengan merendam benih jagung ke dalam air bersih selama periode waktu tertentu hingga benih menyerap air secara merata. Setelah dilakukan perendaman, benih jagung menunjukkan perubahan fisik yang cukup jelas, yaitu tekstur benih menjadi lebih lunak dan ukuran benih sedikit membesar. Perubahan ini merupakan indikasi bahwa proses imbibisi telah berlangsung dengan baik, yaitu proses masuknya air ke dalam jaringan benih melalui dinding sel dan membran semipermeabel

b. Penyemaian

Tahap penyemaian merupakan kelanjutan langsung dari proses perendaman benih dan menjadi fase transisi penting menuju perkecambahan fodder jagung. Setelah benih melalui proses imbibisi air pada tahap perendaman, benih berada dalam kondisi fisiologis yang lebih siap untuk melanjutkan aktivitas metabolisme. Pada tahap ini, benih belum menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan visual, namun proses internal seperti aktivasi enzim dan pembelahan sel awal telah mulai berlangsung



Gambar 10. Penyemaian H(1)

Berdasarkan gambar 10 diatas, Penyemaian yang dilakukan secara seragam juga berperan penting dalam memastikan keseragaman waktu munculnya kecambah pada fase berikutnya. Keseragaman ini menjadi faktor kunci dalam produksi fodder jagung, karena fase-fase pertumbuhan selanjutnya, mulai dari perkecambahan hingga panen yang akan

berlangsung secara bersamaan, sehingga mempermudah pengelolaan sistem *greenhouse* serta meningkatkan efisiensi panen.

c. Perkecambahan

Perkecambahan benih jagung pada sistem *greenhouse* umumnya mulai terlihat pada hari ke-2 hingga hari ke-3 setelah penyemaian. Kecepatan dan keseragaman perkecambahan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya suhu dan kelembapan udara. Suhu yang berada pada rentang optimal serta kelembapan yang stabil mampu mempercepat proses imbibisi lanjutan dan pembelahan sel embrio, sehingga radikula dapat muncul secara lebih seragam pada sebagian besar benih



Gambar 11. Kecambah H(3)

Berdasarkan gambar 11, terlihat bahwa pada hari ke-3 setelah penyemaian, 73ndicato besar benih jagung telah memasuki fase perkecambahan awal, pada tahap ini, tinggi tunas fodder jagung berkisar antara 1 hingga 3 cm. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses perkecambahan berlangsung secara normal dan 73ndicato seragam, yang menjadi 73ndicator awal keberhasilan fase-fase sebelumnya.

d. Bibit Awal

Bibit awal jagung merupakan tahap pertumbuhan setelah fase kecambah, yang biasanya terjadi pada hari ke-5 hingga hari ke-6 setelah benih direndam. Pada tahap ini, tanaman mulai menunjukkan perkembangan yang lebih jelas, seperti munculnya daun pertama dan bertambahnya tinggi batang. Fase bibit awal ini penting untuk diamati karena menunjukkan bahwa proses penyemaian berjalan dengan baik dan tanaman siap melanjutkan ke tahap pertumbuhan berikutnya.



Gambar 12. Bibit Awal H(5)

Berdasarkan gambar 12 diatas, dapat dilihat bahwa bibit jagung tumbuh cukup baik. Tinggi tanaman berada pada kisaran 5–7 cm dan daun pertama sudah mulai terbuka, meskipun belum sepenuhnya berkembang. Sebagian biji jagung masih terlihat di permukaan media, yang menandakan bahwa tanaman masih berada pada fase bibit awal.

e. Transisi Vegetasi Awal

Transisi ke fase vegetatif awal pada tanaman jagung umumnya terjadi pada hari ke-7 setelah perendaman benih. Pada tahap ini, tanaman mulai mengalami peningkatan pertumbuhan yang lebih jelas dibandingkan fase bibit awal. Daun berkembang lebih terbuka dan tinggi tanaman bertambah secara bertahap. Fase transisi ini penting untuk diamati karena menunjukkan peralihan dari pertumbuhan awal menuju fase vegetatif yang lebih aktif dalam sistem green fodder.



Gambar 13. Transisi Vegetasi Awal H(7)

Berdasarkan Gambar 13 diatas, terlihat bahwa tanaman jagung telah mencapai tinggi sekitar 8–10 cm. Daun mulai membuka lebih jelas dibandingkan fase sebelumnya, namun tanaman belum terlihat rimbun. menandakan bahwa tanaman masih berada pada tahap awal pertumbuhan vegetatif. Kondisi pertumbuhan yang cukup seragam menunjukkan bahwa proses penyemaian dan pemeliharaan tanaman berjalan dengan baik.

f. Fase Vegetasi

Pada hari ke 9, tanaman jagung memasuki fase vegetatif awal yang juga dikenal sebagai fase green fodder. Pada tahap ini, pertumbuhan tanaman terlihat lebih pesat dibandingkan fase sebelumnya. Daun berkembang lebih panjang dan terbuka, sehingga tanaman mulai membentuk biomassa hijau yang cukup jelas. Fase ini penting karena menjadi tahap awal tanaman siap dimanfaatkan sebagai pakan hijauan.



Gambar 14. Fase Vegetasi H(9)

Berdasarkan gambar 14 diatas, terlihat bahwa tanaman jagung menunjukkan pertumbuhan pada hari ke 9 cukup baik dengan tinggi berkisar antara 10–15 cm. daun tampak lebih panjang dan rapat dibandingkan fase sebelumnya, sehingga tanaman terlihat

lebih hijau dan padat. Batang masih lunak dan belum berkayu. Kondisi ini menandakan bahwa tanaman telah memasuki fase green fodder dan mendekati waktu panen.

g. Panen

Pada hari ke-10, tanaman jagung telah mencapai fase panen green fodder. Pada tahap ini, pertumbuhan vegetatif berlangsung optimal dengan pembentukan biomassa hijau yang maksimal. Tanaman dipanen pada fase ini karena kandungan nutrisi masih tinggi, tekstur batang masih lunak, dan daun belum mengalami penurunan kualitas.



Gambar 15. Panen H(10)

Berdasarkan Gambar 15 diatas, tanaman jagung terlihat tumbuh rapat dan relatif seragam dengan tinggi berkisar antara 12–18 cm, kondisi pertumbuhan tersebut menunjukkan bahwa tanaman jagung telah mencapai fase panen green fodder yang optimal. Pada tahap ini, biomassa hijau yang dihasilkan cukup maksimal dan memiliki kualitas yang baik untuk dimanfaatkan sebagai hijauan pakan. Selain itu, pemanenan pada fase ini dinilai tepat karena tanaman belum memasuki fase pertumbuhan lanjut yang dapat menyebabkan penurunan kualitas nutrisi. Pengamatan pertumbuhan jagung dilakukan mulai dari tahap perendaman benih hingga panen green fodder pada hari ke-10. Setiap tahapan pertumbuhan diamati berdasarkan perubahan fase fisiologis tanaman dan peningkatan tinggi tanaman. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan jagung pada sistem green fodder serta menentukan waktu panen yang optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem kontrol dan monitoring greenhouse untuk produksi green fodder jagung telah berhasil memenuhi tujuan penelitian. Sistem mampu mengontrol dan memantau suhu, kelembapan, penyiraman, dan pencahayaan secara otomatis. Sensor DHT11 menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan rata-rata kesalahan 0,64 °C untuk suhu dan 4,91% untuk kelembapan, sehingga masih layak digunakan sebagai parameter pengendalian lingkungan. Sistem pengendalian suhu menggunakan kipas panas dan kipas dingin, penyiraman otomatis berbasis RTC, serta pengaturan growlight berbasis waktu dapat bekerja secara stabil dan konsisten. Integrasi dengan platform IoT Blynk memungkinkan monitoring kondisi greenhouse dilakukan secara real-time dan jarak jauh. Pertumbuhan jagung sebagai green fodder berlangsung efektif dalam rentang 10 hari. Pada hari ke-0 hingga hari ke-1, benih berada pada fase penyemaian tanpa

pertambahan tinggi. Kecambah mulai muncul pada hari ke-3 dengan tinggi 1–3 cm, kemudian berkembang pesat pada hari ke-5 hingga ke-7 dengan pembentukan akar, daun, dan tinggi mencapai 8–10 cm. Tanaman memasuki fase green fodder pada hari ke-9 dan mencapai kondisi panen optimal pada hari ke-10 dengan tinggi 15–18 cm, batang lunak, daun hijau segar, serta potensi kandungan nutrisi yang tinggi.

Secara keseluruhan, sistem ini berkontribusi dalam penerapan otomasi dan IoT pada sektor peternakan, khususnya dalam penyediaan pakan hijauan alternatif melalui green fodder jagung. Sistem berpotensi meningkatkan efisiensi produksi, menjaga konsistensi kualitas pakan, serta mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca dan musim. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan penambahan sensor intensitas cahaya dan nutrisi air, serta penerapan metode kontrol cerdas seperti logika fuzzy atau PID untuk meningkatkan performa sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Lafta and W. D. Abdullah, "Revolutionizing Agriculture: IoT Empowered Smart Greenhouses for Enhanced Productivity," *Samarra Journal of Pure and Applied Science*, vol. 6, no. 2, pp. 232–241, 2024.
- [2] J. I. M. Joni *et al.*, "Smart Farming Experiment: IoT-Enhanced Greenhouse Design for Rice Cultivation with Foliar and Soil Fertilization," vol. 7, no. 11, p. 380, 2025.
- [3] J. Khairina, N. Nurdin, and M. Fikry, "Development of an IoT-Based Smart Greenhouse with Fuzzy Logic for Chrysanthemum Cultivation," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 5, 2025.
- [4] G. M. Bonde, D. P. M. Ludong, and M. E. I. Najoan, "Smart Agricultural System in Greenhouse Based on Internet of Things for Lettuce (*Lactuca sativa* L.)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [5] E. Chimana *et al.*, "IoT-Based Automated and Remote Monitored Greenhouse Irrigation System for the Zimbabwe Open University Farm," *Indian Journal of Computer Science*, vol. 9, no. 1, pp. 27–40, 2024.
- [6] C. Huda, B. Etikasari, and P. S. D. Puspitasari, "A Smart Greenhouse Production System Utilizes an IoT Technology," *JUITA: Jurnal Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 117–124, 2023.
- [7] "Technologies, Protocols, and Applications of Internet of Things in Greenhouse Farming: A Survey of Recent Advances," *Information Processing in Agriculture*, vol. 12, no. 1, pp. 91–111, 2025.
- [8] N. A. Karina and A. Subbiah, "Development of Smart Greenhouse Farming Based on Internet of Things," *International Journal of Science, Technology & Management*, vol. 5, no. 4, 2025.
- [9] Y. Liu, M. G. Md Johar, and A. I. Hajamydeen, "IoT-Based Real-Time Greenhouse Monitoring and Controlling System," *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)*, vol. 10, no. 48, pp. 190–196, 2024.
- [10] T. F. Rayani, Y. Resti, and R. K. Dewi, "Quantity and Quality of Smart Hydroponic Fodder Corn, Rice, and Mung Bean with Different Harvest Time," *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, vol. 19, no. 2, pp. 36–41, 2024.

- [11] Y. Resti, R. K. Dewi, and T. F. Rayani, "Temperature, Humidity, and Light Intensity on Green Fodder Planting Using Smart Hydroponic System," *Jurnal Sains Terapan: Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian*, vol. 12, no. 2, pp. 77–85, 2025.
- [12] A. S. Nugroho, A. R. Pratama, and D. Kurniawan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Greenhouse Berbasis ESP8266 dan IoT," *Jurnal Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 85–93, 2024.
- [13] R. K. Dewi, Y. Resti, and T. F. Rayani, "Pertumbuhan dan Produktivitas Green Fodder Jagung pada Sistem Hidroponik dengan Lingkungan Terkontrol," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pakan*, vol. 20, no. 1, pp. 15–22, 2025.
- [14] M. A. Putra and S. H. Wibowo, "Implementasi Sistem Kontrol Otomatis Suhu dan Kelembapan Greenhouse Menggunakan Sensor DHT11 dan RTC," *Jurnal Sistem Kendali dan Instrumentasi*, vol. 6, no. 1, pp. 45–52, 2024.
- [15] S. R. Patel and P. K. Shah, "Design and Implementation of IoT-Based Smart Greenhouse Monitoring and Control System," *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, vol. 13, no. 3, pp. 455–462, 2024.

HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN