

**LAPORAN TUGAS BESAR
WI2001 PENGENALAN REKAYASA DAN DESAIN**



**OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN INDOOR SERTA
DETEKSI PENYAKIT MENGGUNAKAN LED SPEKTRUM MERAH-BIRU
BERBASIS IOT DAN COMPUTER VISION**

Disusun oleh Kelompok 2:

Muhammad Fatih Irkham Mauludi	13524004
Josh Reinhart Zidik	13524048
Dzaki Ahmad Al Hussainy	13524084
Kloce Paul William Saragih	13524040
Muhammad Nafis Habibi	13524018

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

2025

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Pertanian *indoor* saat ini menjadi salah satu solusi strategis untuk menghadapi keterbatasan lahan, terutama di kawasan perkotaan yang padat penduduk. Dengan memanfaatkan teknologi, tanaman dapat dibudidayakan di ruang tertutup tanpa bergantung pada cahaya matahari langsung. Salah satu teknologi utama yang banyak dikembangkan dalam konteks ini adalah penggunaan lampu LED spektrum merah-biru. Lampu ini dirancang untuk memberikan stimulasi cahaya optimal yang terbukti mampu meningkatkan produktivitas tanaman, khususnya tanaman yang bagian daun mudanya dikonsumsi seperti selada, bayam, atau sawi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi cahaya biru dengan panjang gelombang puncak 435 nm dan cahaya merah dengan panjang gelombang puncak 663 nm, dengan rasio sekitar $1,25 \pm 0,1$ pada intensitas tinggi ($270 \pm 20 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mampu menghasilkan pertumbuhan, fotosintesis, dan aktivitas antioksidan tanaman selada yang lebih baik dibandingkan kombinasi biru 450 nm dan merah 663 nm. Bahkan, saat sejumlah kecil cahaya hijau (puncak 520 nm) ditambahkan, semua kombinasi LED tersebut meningkatkan laju asimilasi dan menghasilkan bobot segar selada yang serupa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi B435/R pada intensitas tinggi menjadi yang paling optimal untuk produksi hasil ekonomi selada hidroponik di pabrik tanaman, sementara B435/R pada intensitas rendah ($60 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) terbaik untuk menghasilkan tingkat aktivitas antioksidan tertinggi (Mohamed, S. J. et al. 2021)

Selain pengaturan cahaya, keberhasilan pertanian indoor juga sangat bergantung pada kemampuan memantau pertumbuhan tanaman secara menyeluruh dan mendeteksi kebutuhan spesifik tanaman, seperti kapan tanaman memerlukan cahaya biru untuk fase vegetatif atau cahaya merah untuk fase pembungaan. Di sinilah peran teknologi computer vision menjadi sangat penting. Dengan computer vision, sistem dapat memantau visual tanaman secara otomatis, mendeteksi gejala stres atau penyakit, serta menentukan kebutuhan penyesuaian spektrum cahaya untuk mendukung pertumbuhan optimal.

Oleh karena itu, pengembangan teknologi ini merupakan langkah inovatif yang menggabungkan teknologi cahaya, sensor, serta kecerdasan visual untuk menciptakan sistem pertanian indoor yang efisien dan berkelanjutan.

2. STUDI LITERATUR

Fotosintesis merupakan sebuah proses pembentukan zat organik dari zat-zat anorganik yang dilakukan oleh tanaman-tanaman yang mengandung klorofil pada daunnya. Fotosintesis terbagi menjadi dua reaksi utama, yaitu reaksi terang untuk proses fotolisis air menjadi oksigen serta reaksi gelap untuk memproses karbondioksida serta ion hidrogen menjadi glukosa. Reaksi terang pada tanaman adalah reaksi yang bergantung kepada cahaya yang diterima oleh klorofil, sehingga intensitas fotosintesis sebuah tanaman dapat dipengaruhi oleh spektrum cahaya yang dipancarkan terhadap tanaman (Johnson, 2016).

Pengganti spektrum warna putih yang lebih efisien untuk fotosintesis tanaman dengan pigmen klorofil adalah perpaduan warna biru dan merah atau *growlight* (Santoso, et. al., 2020). Saat siang hari, cahaya merah-biru dapat diberikan (Qiao, et. al., 2025), sedangkan pada malam hari, cukup cahaya biru saja yang dipancarkan kepada tanaman (Ying, et. al., 2020). Hal ini karena setiap tanaman berklorofil memiliki periode terang dan gelap dalam fotosintesis. Dengan mensimulasikan lama penggunaan cahaya merah-biru dan cahaya biru mengikuti periode siang-malam, maka tanaman dapat melakukan fotosintesis tanpa adanya cahaya matahari.

Pertumbuhan tanaman akan terhambat apabila tanaman tersebut mengalami stres dan terjangkit oleh penyakit. Umumnya, penyakit yang dialami tanaman disebabkan oleh organisme patogenik sehingga dapat merambat ke tanaman-tanaman lain yang terdapat di sekitar tanaman yang terjangkit (Nazarov et al., 2020). Gejala stres dari sebuah penyakit akan menjadi terlihat ketika penyakit tersebut sudah mencapai tahap akhir dan mengubah struktur dan fisiologi jaringan tanaman. Pada tahap akhir penyakit, tanaman yang terjangkit dapat menunjukkan gejala pada daunnya akibat nekrosis serta degenerasi sel dan jaringan. Namun terdapat beberapa gejala penyakit lainnya yang dapat terlihat meskipun bukan berada pada tahap akhir seperti perubahan warna daun menjadi merah (Vollenweider & Günthardt-Goerg, 2005b).

3. PERSYARATAN SOLUSI

Tanaman diharapkan dapat tumbuh di mana pun. Cahaya, air, dan nutrisi tanaman dapat tercukupi dengan baik. Pertumbuhan tanaman diharapkan dapat lebih optimal dibandingkan penanaman tanaman dalam ruangan seperti biasa. Solusi ditujukan untuk tanaman sayur yang relatif kecil: kangkung, bayam, sawi, tauge, muncang, dsb.

Tanaman diharapkan bisa:

- a. mendapatkan pencahayaan yang cukup,
- b. mendapatkan air yang cukup,
- c. mendapatkan sirkulasi udara yang baik,
- d. memiliki wadah/pot dengan tanahnya untuk tumbuh, dan
- e. dimonitor setiap harinya.

4. GENERASI KONSEP/SOLUSI

Beberapa konsep/solusi yang kami pikirkan:

- a. Penyiraman air otomatis,
- b. Pendekstian penyakit pada tanaman,
- c. Penggunaan cahaya merah dan biru untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman,
- d. Pengusiran hama menggunakan suara (misal teriakan),
- e. Orang-orangan sawah modern, dan
- f. Deteksi hama dengan robot berjalan.

5. PEMILIHAN SOLUSI

Kami menggunakan gabungan antara solusi kedua ketiga pada bab sebelumnya dikarenakan adanya kebutuhan untuk penanaman tanaman dalam ruangan. Konsep solusi akhir yaitu sebuah sistem monitoring penyakit pada tanaman yang ditambah dengan grow light spektrum merah-biru dengan periode tertentu untuk imitasi cahaya matahari.

6. PERANCANGAN SOLUSI

A. Desain dan Bahan

Tabel 6.1 Daftar Alat dan Bahan

No	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
1	Lakban	1	buaH	Rp10.000	Rp10.000
2	Triplek	1,5	m ²	Rp12.000	Rp18.000
3	Lem Kayu	1	kaleng (70 gram)	Rp11.000	Rp11.000
4	Lampu LED (merah, biru, putih)	25	unit	Rp1.300	Rp32.500
5	ESP32	1	unit	Rp75.000	Rp75.000
6	ESP32-CAM	1	unit	Rp96.000	Rp96.000
7	ESP32-CAM Programmer Board	1	unit	Rp20.000	Rp20.000
7	Kabel jumper (male-to-male)	1	pack (40 unit)	Rp15.000	Rp15.000
8	Kabel jumper (male-to-female)	1	pack (40 unit)	Rp18.000	Rp18.000
8	Breadboard	2	unit	Rp8.900	Rp17.800
9	Power adapter AC to DC	1	unit	Rp11.900	Rp11.900
10	Resistor	3	pack (10 resistor)	Rp3.000	Rp9.000
Harga Total					Rp334.200

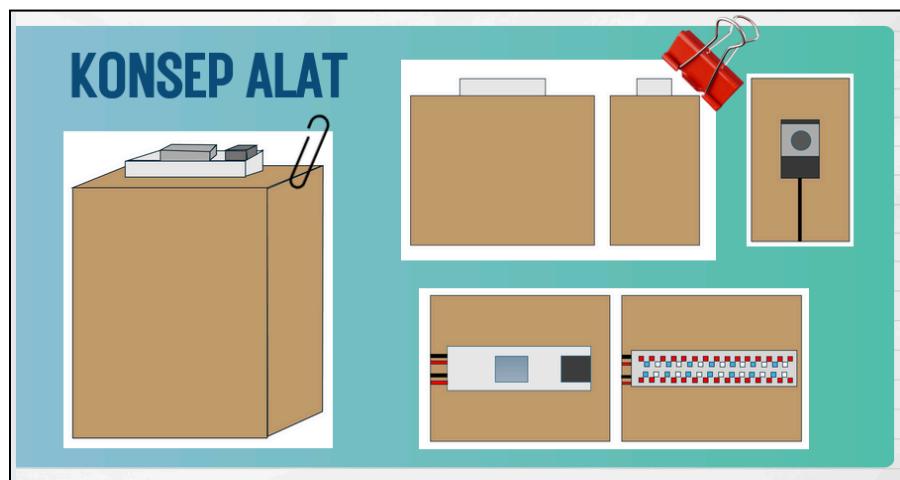
B. Prosedur Percobaan dan Cara Kerja Alat

Tanaman dimasukkan ke dalam pot kecil dan ditaruh di dalam kotak. Pencahayaan yang dibutuhkan tanaman akan diberikan oleh lampu LED. Penyiraman dan pemupukan dapat dilakukan secara manual.

Lampu LED dalam kotak akan menyala sesuai jam yang ditentukan. Saat siang hari (06.00-17.00), lampu LED merah dan biru menyala. Menjelang malam (17.00 - 22.00), lampu LED biru menyala. Selain itu, tidak ada lampu yang menyala sebagai periode gela

pnya. Pengaturan ini akan dilakukan melalui mikrokontroler ESP32.

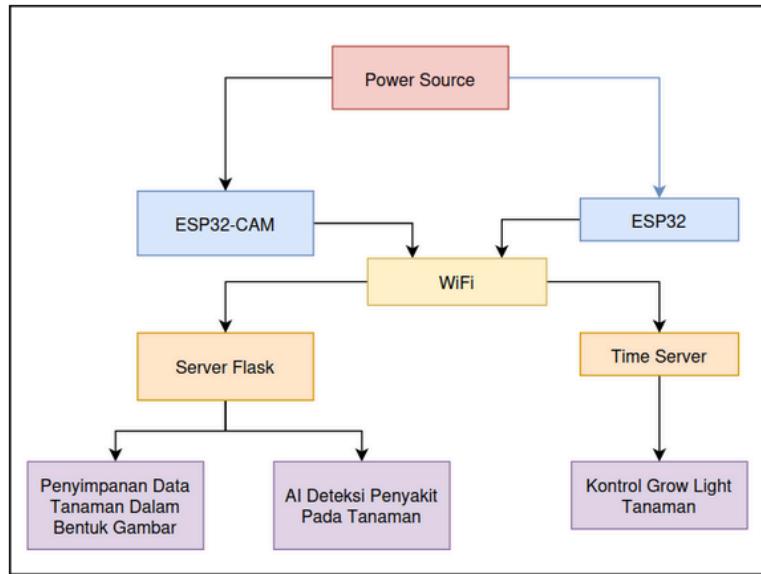
Terdapat kamera yang akan mengawasi tanaman. Setiap 30 menit, kamera akan memfoto tanaman dengan cahaya jepretan supaya tanaman terlihat. Hasil foto akan diunggah lalu disimpan di server.



Gambar 6.1 Konsep rancangan alat

Server akan dibuat dalam bentuk *web server* dengan interface *frontend* sederhana yang dibuat dengan HTML dan CSS. *Backend* server akan dibuat menggunakan bahasa pemrograman python, dengan modul *flask*. Pada server, setiap foto akan disimpan menggunakan nama berupa waktu diambilnya foto tersebut.

Server akan melakukan analisis deteksi penyakit pada tanaman menggunakan metode *Deep Learning*. Peneliti akan menggunakan model yang telah dibuat oleh data analis lain, model yang akan digunakan dilatih menggunakan modul *Pytorch* dan menggunakan teknik *Convolutional Neural Networks*. Berikut ini adalah sumber model yang digunakan: <https://github.com/manthan89-py/Plant-Disease-Detection>.

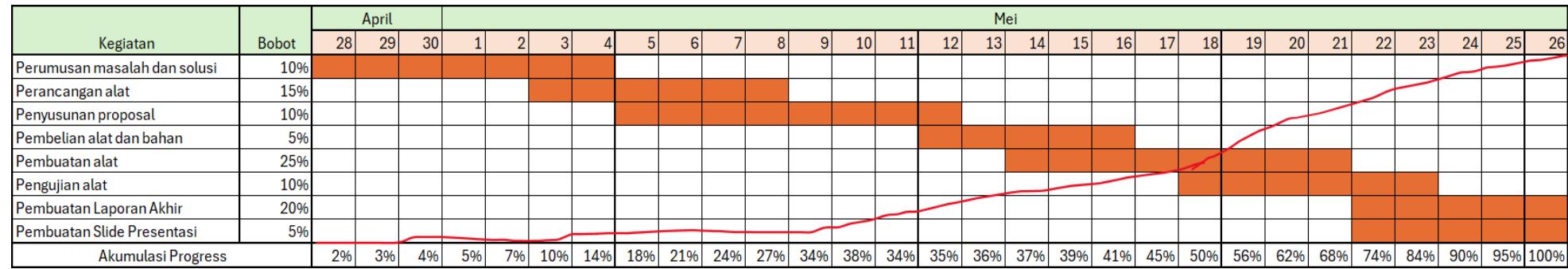


Gambar 6.2 Diagram alir konsep keterhubungan komponen pada rangkaian

Source code dan hal-hal lain yang terkait dengan proyek ini dapat ditemukan pada *github repository* berikut ini:

<https://github.com/FieryBanana101/Indoor-Plant-Growlight-and-Disease-Monitoring>

C. Timeline Tugas Besar (Kurva S & Gantt Chart)

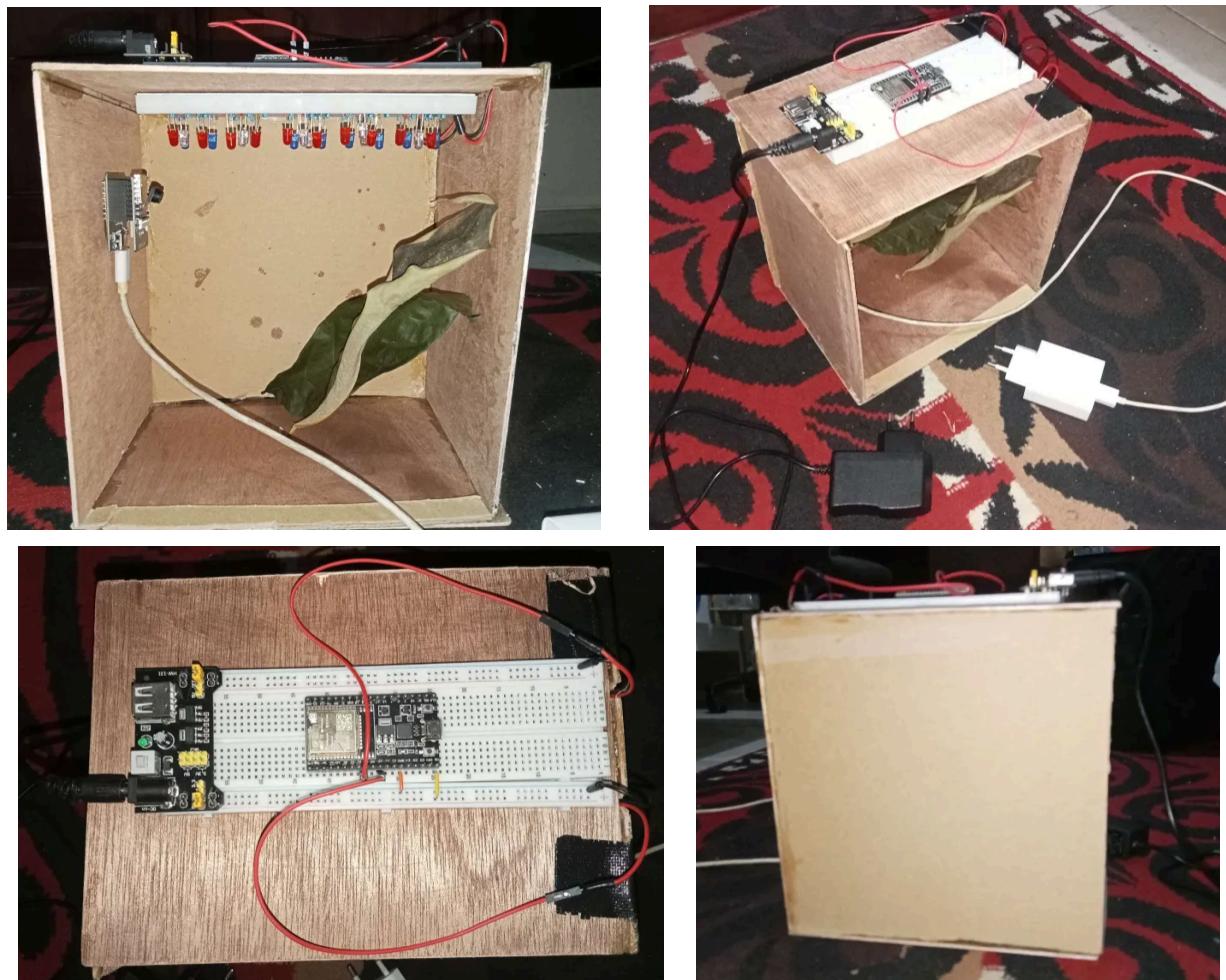


Gambar 6.3 Timeline pengerjaan tugas besar

7. PENGUJIAN SOLUSI

Dari hasil rancangan yang telah dibuat, rangkaian akhir alat memiliki dua power adapter yang berguna sebagai *power source*. Power adapter berwarna putih akan menjadi *power source* ESP32-CAM, dan power adapter berwarna hitam akan menjadi *power source* ESP32 (kontrol *grow lights*).

Cara penggunaan alat yaitu hanya menyambungkan kedua power adapter ke stop kontak, dan menyalakan WIFI yang sesuai (sama dengan yang telah diprogram untuk tersambung di *source code* ESP32). Jika diperlukan, server dapat dinyalakan pada komputer sehingga gambar tanaman dapat disimpan. Selain itu tidak perlu setup apapun lagi, alat akan berjalan secara otomatis.



Gambar 7.1 - 7.4 Tampilan alat dari berbagai sisi, dalam kondisi mati



Gambar 7.5 Alat dalam kondisi menyala, saat periode lampu mati (22.00 - 6.00)



Gambar 7.6 Alat dalam kondisi menyala, ketika kamera mengambil gambar setiap interval 30 menit



Gambar 7.7 Alat dalam kondisi menyala, saat periode lampu spektrum merah-biru penuh (6.00 - 17.00)



Gambar 7.7 Alat dalam kondisi menyala, saat periode lampu spektrum biru (17.00 - 22.00)

Gambar yang berhasil difoto akan dikirim ke server, server dapat dijalankan secara lokal dengan mengikuti panduan pada tautan:

<https://github.com/FieryBanana101/Indoor-Plant-Growlight-and-Disease-Monitoring>

Tampilan dari interface dari server hanya berupa 3 page sederhana yang dibuat menggunakan HTML dan CSS. Terdapat halaman utama, halaman daftar gambar yang disimpan, dan halaman untuk melihat data suatu gambar beserta prediksi penyakitnya. Berikut merupakan contoh pesan/log yang muncul pada server ketika dikunjungi dan contoh interface yang akan terlihat.

```
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:23:37] "GET / HTTP/1.1" 302 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:23:37] "GET /home HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:23:37] "GET /favicon.ico HTTP/1.1" 204 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:23:59] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:23] "GET /home/images/2025-05-26_13:22:45.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:23] "GET /static/images/2025-05-26_13:22:45.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:24] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:28] "GET /home/images/2025-05-26_13:22:55.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:28] "GET /static/images/2025-05-26_13:22:55.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:29] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:30] "GET /home/images/2025-05-26_15:29:14.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:30] "GET /static/images/2025-05-26_15:29:14.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:31] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:32] "GET /home/images/2025-05-26_15:28:19.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:32] "GET /static/images/2025-05-26_15:28:19.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:56] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:58] "GET /home/images/2025-05-26_15:16:22.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:24:58] "GET /static/images/2025-05-26_15:16:22.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:14] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:16] "GET /home/images/2025-05-26_14:50:13.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:16] "GET /static/images/2025-05-26_14:50:13.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:17] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:19] "GET /home/images/2025-05-26_14:46:26.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:19] "GET /static/images/2025-05-26_14:46:26.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:20] "GET /home/images HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:21] "GET /home/images/2025-05-26_14:46:26.jpg HTTP/1.1" 200 -
192.168.1.54 - - [11/Jun/2025 19:25:21] "GET /static/images/2025-05-26_14:46:26.jpg HTTP/1.1" 304 -
```

Gambar 7.8 Pesan log dari terminal tempat server dijalankan



Gambar 7.9 Halaman utama dari interface server

Data Tanaman yang Terekam:
2025-05-26_15:29:14.jpg
2025-05-26_15:28:19.jpg
2025-05-26_15:17:21.jpg
2025-05-26_15:17:09.jpg
2025-05-26_15:16:56.jpg
2025-05-26_15:16:22.jpg

Gambar 7.10 Halaman daftar gambar dari interface server

Berikut merupakan contoh prediksi penyakit yang dapat muncul pada gambar tanaman yang telah disimpan, namun berdasarkan hasil uji, prediksi penyakit masih tidak akurat dan model CNN yang ada perlu ditingkatkan lagi. Berikut uji coba deteksi penyakit dengan daun-daun tanaman acak dan sampel tanaman bahan pangan *Allium ascalonicum L.*



Gambar 7.11 Halaman data gambar dari server, dengan uji coba daun tanaman

Gambar 2025-05-26_13:26:02.jpg



← Back

← Homepage

Prediksi Penyakit: Tidak ada tanaman

Gambar 7.12 Halaman data gambar dari server, dengan uji coba sampel *Allium ascalonicum L*

Gambar 2025-05-26_15:16:22.jpg



← Back

← Homepage

Prediksi Penyakit: Tidak ada tanaman

Gambar 7.13 Halaman data gambar dari server, dengan tanaman yang tidak terlihat jelas



Gambar 7.14 Halaman data gambar dari server, dengan uji coba tanaman yang hanya terlihat sebagian daun



Gambar 7.15 Halaman data gambar dari server, dengan uji coba tanpa tanaman

Model deteksi tetap mendeteksi penyakit ketika tidak ada tanaman, padahal seharusnya muncul prediksi “tidak ada tanaman”. Hal ini kemungkinan besar terjadi karena model mengira bahan kayu dari kotak rangkaian merupakan bagian dari tanaman yang sedang dianalisis.

8. SIMPULAN

Sejumlah spesies tanaman merupakan tanaman yang hanya bisa ditumbuhkan di dalam ruangan karena rentan akan adanya pengaruh dari lingkungan. Tanaman yang ditumbuhkan di dalam ruangan akan menerima cahaya merah-biru serta cahaya biru secara periodik untuk mensimulasikan fotosintesis dan siklus siang-malam. Selain itu dedaunan dari tanaman yang ditumbuhkan akan secara rutin diperiksa melalui *computer vision* menggunakan kamera untuk mencegah adanya persebaran penyakit tanaman yang dapat merugikan pertanian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang telah dibuat dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan cara mengintegrasikan komponen monitoring penyakit dan kontrol *grow light* dengan sistem IoT tanaman lainnya, seperti sistem pengukuran nutrisi tanaman, sistem penyiraman otomatis, dan lain-lain. Perlu juga ditingkatkan model deteksi penyakit dengan menggunakan model lain yang lebih akurat dan memiliki database yang lebih sesuai.

9. REFERENSI

Johnson, M. P. (2016). Photosynthesis. Essays in Biochemistry, 60(3), 255–273. <https://doi.org/10.1042/ebc20160016>

Mohamed, S. J., Rihan, H. Z., Aljafer, N., & Fuller, M. P. (2021). The Impact of Light Spectrum and Intensity on the Growth, Physiology, and Antioxidant Activity of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(10), 2162. <https://doi.org/10.3390/plants10102162>

Salisbury F. B. (1981). Twilight effect: initiating dark measurement in photoperiodism of xanthium. *Plant physiology*, 67(6), 1230–1238. <https://doi.org/10.1104/pp.67.6.1230>

Santoso , J. , Suhardjono, H., & Wattimury, A. (2020). The Study of Color Spectrum Curs Value Against Sunlight Color and Artificial Light for Plant Growth . Nusantara Science and Technology Proceedings, 11-22. <https://doi.org/10.11594/nstp.2020.0602>

Qiao, J., Hu, W., Chen, S., Cui, H., Qi, J., Yu, Y., Liu, S., & Wang, J. (2025). Effect of LED Lights on Morphological Construction and Leaf Photosynthesis of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Horticulturae*, 11(1), 43. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11010043>

Ying, Q., Kong, Y., & Zheng, Y. (2020). Overnight Supplemental Blue, Rather than Far-red, Light Improves Microgreen Yield and Appearance Quality without Compromising Nutritional Quality during Winter Greenhouse Production. *HortScience*, 55(9), 1468-1474. Retrieved May 26, 2025, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15196-20>

Nazarov, P. A., Baleev, D. N., Ivanova, M. I., Sokolova, L. M., & Karakozova, M. V. (2020). Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection. *Acta Naturae*, 12(3), 46–59. <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026>

Vollenweider, P., & Günthardt-Goerg, M. S. (2005b). Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environmental Pollution*, 137(3), 455–465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.01.032>

10. PEMBAGIAN TUGAS

Nama	NIM	Deskripsi Tugas
Muhammad Fatih Irkham Mauludi	13524004	<ul style="list-style-type: none">- Membeli alat dan bahan elektronik- Merancang rangkaian elektronik- Memprogram mikrokontroler- Membangun server dengan menggunakan HTML, CSS, dan Python- Membantu membangun keseluruhan alat- Melakukan uji coba alat- Membantu membuat laporan dan PPT
Josh Reinhart Zidik	13524048	<ul style="list-style-type: none">- Menyiapkan lem kayu- Membantu membangun keseluruhan alat- Membantu membuat laporan dan PPT- Melakukan uji coba alat
Dzaki Ahmad Al Hussainy	13524084	<ul style="list-style-type: none">- Membuat rancangan dasar rangkaian alat- Menyiapkan triplek untuk rangkaian- Membantu membangun keseluruhan alat- Membantu membuat

		<p>laporan dan PPT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan uji coba alat
Kloce Paul William Saragih	13524040	<ul style="list-style-type: none"> - Membantu membangun keseluruhan alat - Membantu membuat laporan dan PPT - Melakukan uji coba alat
Muhammad Nafis Habibi	13524018	<ul style="list-style-type: none"> - Membantu membangun keseluruhan alat - Menyediakan sampel tanaman bahan pangan - Membantu membuat laporan dan PPT - Melakukan uji coba alat