

Rancang Bangun Sistem Pencahayaan Otomatis untuk Hidroponik Vertikal dalam Ruangan

Design and Build an Automatic Lighting System for Indoor Vertical Hydroponics

¹Muchamad Ricky Wibო Cahyono, ²Muhammad Saukat, ³Muhammad Achirul Nanda

¹Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

¹E-mail korespondensi: muhamadricky63@gmail.com

ABSTRAK

Umumnya, budidaya hidroponik yang dilakukan di dalam *greenhouse* dengan memanfaatkan sinar matahari. Seiring perkembangan teknologi pencahayaan, pemanfaatan cahaya buatan digunakan dalam sektor pertanian terhadap tanaman hidroponik dalam ruangan. Penggunaan LED (*Light Emitting Diode*) sebagai cahaya buatan menjadi solusi efektif untuk pertanian hidroponik dalam ruangan. Kombinasi dari warna merah, biru dan hijau memiliki pengaruh kuat pada pertumbuhan vegetatif, fotosintesis, pembungaan, dan pertunasan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem *monitoring* dan kontrol pencahayaan otomatis berbasis *mikrokontroler* ESP-32 dengan RTC DS3231, LCD *Arduino*, *keypad*, *relay* dan sensor intensitas cahaya yang digunakan untuk sistem penjadwalan pencahayaan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa *engineering* berupa rancang bangun (*Engineering Design*). Pengujian dilakukan dengan menghitung kebutuhan cahaya tanaman dalam bentuk PPF (Photosynthetic Photon Flux Density) dan membandingkannya dengan hasil pencahayaan dari lampu LED yang dirancang. Selain itu, pengujian dilakukan untuk memastikan sistem mampu menampilkan data sensor dan menjalankan penjadwalan sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan hasil pengujian, hasil perhitungan pencahayaan dari lampu LED memiliki nilai PPF 369,27 mol/m²/detik, sedangkan kebutuhan cahaya tanaman adalah 277,77 mol/m²/detik. Sistem *monitoring* mampu menampilkan informasi penjadwalan dan data sensor serta sistem penjadwalan mampu berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sistem pencahayaan otomatis untuk hidroponik dalam ruangan mampu memenuhi kebutuhan intensitas cahaya dengan tingkat keberhasilan lebih dari 80%.

Kata kunci: Hidroponik; *Light Emitting Diode*; *Monitoring*; Penjadwalan; PPF

ABSTRACT

Generally, hydroponic cultivation is carried out in a greenhouse by utilizing sunlight. Along with the development of lighting technology, the use of artificial light is used in the agricultural sector for indoor hydroponic plants. The use of LEDs (*Light Emitting Diode*) as artificial light becomes an effective solution for indoor hydroponic farming. The combination of red, blue and green colors has a strong influence on vegetative

growth, photosynthesis, flowering and fertilization. This research aims to design and build an automatic lighting monitoring and control system based on ESP-32 microcontroller with DS3231 RTC, Arduino LCD, keypad, relay and light intensity sensor used for the lighting scheduling system. The research method used is an engineering method in the form of design (Engineering Design). The test was carried out by calculating the light needs of plants in the form of PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) and comparing it with the lighting results of the designed LED lights. In addition, testing was carried out to ensure that the system was able to display sensor data and carry out scheduling as expected. Based on the test results, the lighting calculation results of LED lights have a PPFD value of 369.27 mol/m²/second, while the light needs of plants are 277.77 mol/m²/second. The monitoring system is able to display scheduling information and sensor data and the scheduling system is able to run as expected. Automatic lighting systems for indoor hydroponics are able to meet the needs of light intensity with a success rate of more than 80%.

Keyword: *Hydroponics; Light Emitting Diode; Monitoring; Scheduling; PPFD*

PENDAHULUAN

Umumnya, budidaya hidroponik yang dilakukan di dalam *greenhouse* dengan memanfaatkan sinar matahari. Seiring perkembangan teknologi pencahayaan, pemanfaatan cahaya buatan digunakan dalam sektor pertanian terhadap tanaman hidroponik dalam ruangan. Penggunaan LED (*Light Emitting Diode*) sebagai cahaya buatan menjadi solusi efektif untuk pertanian hidroponik dalam ruangan. Cahaya buatan yang sering digunakan sebagai pengganti cahaya matahari adalah LED (*Light Emitting Diode*). Penggunaan LED untuk tanaman hidroponik masih dalam pengembangan, sehingga komposisi spektrum perlu ditetapkan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Spektrum yang terdapat pada cahaya matahari terdiri dari tiga bagian yaitu ultraviolet (UV), cahaya tampak, dan inframerah. Cahaya radiasi yang dihasilkan oleh matahari tidak semuanya diserap oleh tanaman, melainkan tanaman dapat menyeleksi cahaya yang dibutuhkan. Panjang gelombang cahaya yang dapat diserap oleh tanaman adalah 400 nm sampai dengan 700 nm yang dikenal sebagai PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) (Singh et al., 2015). Rentang panjang gelombang cahaya dapat dibedakan dari warna yang dipancarkan oleh cahaya. Umumnya cahaya yang efektif untuk morfogenesis tanaman adalah cahaya merah yang memiliki panjang gelombang 640 nm, cahaya biru yang memiliki panjang gelombang 440 nm dan cahaya hijau dengan panjang gelombang 510 nm (Gupta, 2017). Cahaya hijau berkontribusi pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Ini telah dikonfirmasi oleh beberapa percobaan Johkan et al. (2012) melaporkan bahwa LED hijau dengan PPF tinggi (300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) paling efektif untuk meningkatkan pertumbuhan selada.

Kombinasi lampu LED dengan panjang gelombang yang bervariasi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan baik. Lampu LED memiliki peran penting pada pertanian dalam ruangan (*Indoor farming*) yang umumnya terdapat di daerah perkotaan. Keterbatasan lahan yang ada di daerah perkotaan menciptakan sistem pertanian modern yang memanfaatkan ruang terbatas untuk memenuhi kebutuhan pangan dengan teknik bertani hidroponik vertikal dalam ruangan (Lindawati dkk., 2015). Permasalahan penggunaan cahaya lampu LED pada hidroponik vertikal dalam ruangan umumnya terjadi pada komposisi cahaya yang

digunakan. Komposisi yang dibutuhkan dalam penerapan lampu LED merupakan parameter penting dalam pertumbuhan tanaman hidroponik vertikal dalam ruangan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem kontrol dan monitoring penjadwalan penyinaran cahaya buatan pada hidroponik vertikal dalam ruangan dan Mengevaluasi hasil sistem pencahayaan yang digunakan pada hidroponik vertikal dalam ruangan yang terdiri dari kebutuhan intensitas cahaya tanaman dan durasi pencahayaan.

MATERI DAN METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Juli 2024 yang bertempat di Bengkel Logam, Kayu dan Rotan (PEDCA) Universitas Padjadjaran dan Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran.

B. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat Penelitian yang Digunakan

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	Laptop	Merek: Lenovo Ideapad 310, processor :Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz, RAM : 4GB	Mengolah data, perancangan program, dan membuat laporan
2	Arduino IDE	Versi 1.8.19	Membuat dan memuat program
3	Microsoft Word	Versi 2016	Membuat laporan penelitian
4	Solder	-	Menyambungkan komponen elektronika
5	Tang potong	PLATO Model 170	Mengupas lapisan karet kabel
6	<i>Lux Meter</i>	<i>Digital Lux Meter AS803</i>	Mengukur nilai intensitas cahaya lampu
7	Bor listrik	Makita 6412	Melubangi komponen <i>heatsink</i>
8	<i>Hardware Tools</i>	JM 6092-A	Melepas dan memasang baut dan sekrup

Sumber : Data diolah (2024)

Tabel 2. Bahan Penelitian yang Digunakan

No.	Nama Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
1	Lampu LED SMD 5730	<i>LED merah 70%; LED biru 20%; LED hijau 10%</i>	Sumber cahaya pengganti cahaya matahari
2	Mikrokontroler ESP-32	Jumlah pin <i>out</i> 30; <i>Operation Voltage</i> : 5 V	Menjalankan program

3	Relay	1 relay module Tegangan : 5 V	Swicth pada sistem kontrol secara ON/OFF
4	RTC DS3231	Operation Voltage : 5 V Maximum Voltage pada SDA, SCL : VCC + 0.3 V Temperature : -45°C to + 80°C	Input waktu <i>real-time</i>
5	LCD	Operation Voltage : 5 V Operation Temperature : -- 20°C sampai 70°C	Sebagai <i>user interface</i> antara mikrokontroler dan pengguna
6	Keypad	4x4 matrix, antarmuka: 8 pin, ukuran 6.9 cm x 7.6 cm	Sebagai input lama penyinaran
7	Kabel Jumper	-	Sebagai penyambung antara komponen-komponen

Sumber : Data diolah (2024)

C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa *engineering* dengan melakukan kegiatan rancang bangun (*Engineering Design*) sehingga di dalamnya terdapat suatu desain baru baik dalam proses maupun produk. Pengolahan data dilakukan dengan metode interpolasi untuk melihat sebaran luasan cahaya pada hidroponik vertikal dalam ruangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kriteria Perancangan

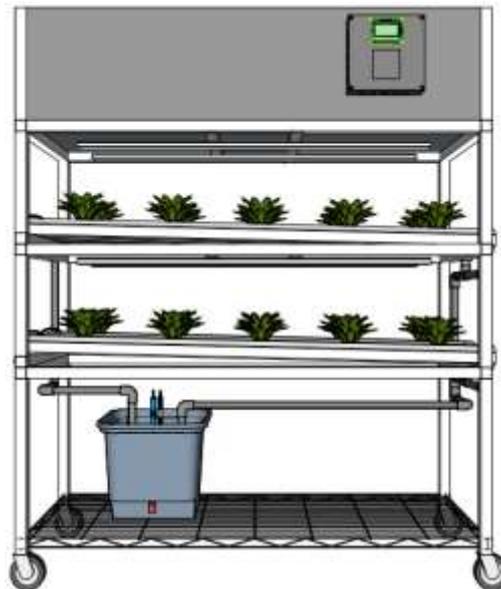
Desain sistem pencahayaan otomatis dapat memenuhi kebutuhan intensitas cahaya tanaman pada hidroponik vertikal dalam ruangan. Sistem pencahayaan otomatis diharapkan dapat memenuhi kriteria perancangan sebagai berikut :

1. Mampu memenuhi kebutuhan intensitas cahaya tanaman hidroponik vertikal dalam ruangan dengan tingkat pemenuhan lebih dari 80%.
2. Mampu mengidentifikasi jumlah intensitas cahaya pada instalasi hidroponik dengan tingkat akurasi lebih dari 80%.

B. Hasil Rancang Bangun

Rancang bangun sistem pencahayaan otomatis untuk hidroponik vertikal dalam ruangan terbagi menjadi 2, yaitu sistem pencahayaan dan sistem kontrol. Hasil dari rancang bangun sistem pencahayaan otomatis untuk hidroponik vertikal dalam ruangan dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem ini didesain untuk mengatur pencahayaan sesuai kebutuhan tanaman hidroponik, memastikan intensitas dan durasi cahaya yang diterima oleh tanaman sesuai dengan kondisi ideal untuk pertumbuhannya. Rancang bangun ini menggunakan beberapa komponen utama seperti sensor lux untuk mengukur intensitas cahaya lampu, mikrokontroler sebagai pengendali utama sistem, dan lampu LED yang memberikan pencahayaan bagi tanaman. Sistem ini dilengkapi dengan fitur penjadwalan pencahayaan otomatis yang memungkinkan pengaturan lama hari sistem berjalan, waktu mulai penjadwalan dan durasi lama penyinaran dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu, sistem ini memiliki

kemampuan monitoring secara real-time, sehingga intensitas cahaya dan durasi penyinaran dapat dipantau.



Gambar 1. Sistem Pencahayaan Otomatis pada Hidroponik dalam Ruangan

C. Analisis Kebutuhan Cahaya Tanaman

Analisis kebutuhan cahaya tanaman dilakukan untuk memilih jenis lampu yang tepat untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Untuk pertumbuhan yang optimal, tanaman sayuran berdaun hijau (*leafy greens*) memerlukan DLI sekitar 12 mol/m²/hari (Rungkle 2019). Kebutuhan cahaya tanaman dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$DLI = \frac{PPFD \times Photoperiod \times 3600}{1000000} \dots (1)$$

Hasil perhitungan PPFD yang dibutuhkan tanaman sebesar 277,77 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{detik}$ dengan asumsi lama waktu penyinaran 12 jam/hari. Nilai ini yang akan dijadikan sebagai dasar perhitungan kebutuhan cahaya lampu. Perhitungan nilai kebutuhan cahaya tanaman dalam PPFD menunjukkan bahwa lampu harus dapat memenuhi kebutuhan cahaya tanaman dengan nilai PPFD 277,77 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{detik}$ dengan lama penyinaran 12 jam/hari.

D. Kalibrasi Sensor Intensitas Cahaya

Kalibrasi dilakukan dengan membaca nilai intensitas cahaya pada lampu dengan ketinggian 15 cm, 20 cm dan 25 cm dengan 3 kali pengulangan pengukuran pada setiap tinggi lampu. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan pembacaan Luxmeter pada setiap titik pengukuran dengan 3 kali pengulangan. Dari data Tabel 12, terlihat bahwa perbedaan antara pembacaan sensor dan Luxmeter cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya. Ini menunjukkan bahwa sensor BH1750 memiliki keterbatasan dalam mengukur cahaya yang sangat terang. Berdasarkan data yang sudah didapat peneliti, akurasi pembacaan sensor terhadap pembacaan luxmeter sudah melebihi 80%. Ini menunjukkan bahwa sensor sudah berfungsi sesuai dengan kriteria perancangan sehingga pembacaan sensor dapat dikategorikan bagus.

Tabel 1. Data Kalibrasi Sensor Cahaya

No	Luxmeter	Sensor	Selisih	Akurasi (%)
1	4123	3545	578	85,98108
2	5335	4230	1105	79,28772
3	4579	4054	525	88,53461
4	4103	3601	502	87,76505
5	5454	4982	472	91,3458
6	5742	5586	156	97,28318
7	7424	6135	1289	82,63739
8	7290	6437	853	88,29904
9	8700	6790	1910	78,04598
Rata-rata Akurasi				86,57554

Sumber : Data diolah (2024)

E. Pengujian Sistem Penjadwalan

Pengujian sistem penjadwalan dilakukan dengan membandingkan jadwal menyala dan jadwal mati dengan waktu aktual. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem penjadwalan berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Beberapa parameter yang diuji termasuk kesesuaian waktu menyala dan mati, serta kecocokan dengan waktu yang ditentukan dalam jadwal. Data pengujian kesesuaian jadwal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengujian Kesesuaian Jadwal

No	Jadwal Menyala			Jadwal Mati		
	Teoritis	Aktual	Selisih (s)	Teoritis	Aktual	Selisih (s)
1	12:40:00	12:40:01	1	12:50:00	12:50:02	2
2	12:40:00	12:40:01	1	12:50:00	12:50:02	2
3	12:40:00	12:40:02	2	12:50:00	12:50:02	2
4	12:40:00	12:40:01	1	12:50:00	12:50:01	1
5	12:40:00	12:40:01	1	12:50:00	12:50:01	1

Sumber : Data diolah (2024)

Selisih paling lama yang terukur adalah 2 detik dan paling singkat adalah 1 detik. Saat pengujian, waktu dari RTC sudah disinkronisasi dengan waktu aktual serta baterai sudah terpasang sehingga dapat mengurangi nilai selisih waktu. Baterai yang terdapat pada RTC salah satu faktor yang mempengaruhi akurasi penjadwalan, karena untuk melakukan penjadwalan yang sesuai dengan waktu aktual memerlukan waktu dari RTC yang akurat. Jika waktu dari RTC memiliki selisih yang jauh dengan waktu akurat, maka sistem penjadwalan tidak akan berjalan sesuai dengan waktu akurat.

F. Pengujian Sistem Monitoring

Pengujian sistem monitoring dilakukan agar dapat mengetahui sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Dengan tujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen sensor dan LCD berfungsi menampilkan data sensor dan sistem penjadwalan. Sistem penjadwalan dan pembacaan sensor menjadi hal yang utama dalam pengujian ini. Pengujian ini dilakukan dengan memperhatikan apakah sistem mampu melakukan pembacaan pada sensor. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati nilai sensor pada box kontrol apakah sensor dapat respons terhadap

perubahan nilai intensitas cahaya. Dari hasil pengamatan pada *box* kontrol nilai intensitas cahaya dapat berubah sesuai dengan perubahan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu. *Monitoring* sistem penjadwalan terdapat beberapa informasi di antaranya, durasi operasional sistem, durasi penyinaran, waktu mulai dan waktu selesai penjadwalan. Durasi operasional sistem menunjukkan sisa waktu sistem berjalan secara keseluruhan, sementara durasi penyinaran menunjukkan berapa lama waktu penyinaran.



Gambar 2. Tampilan *Monitoring* Sistem Penjadwalan

G. Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian sistem kontrol dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan penjadwalan yang telah ditentukan. Dalam pengujian ini, aspek yang diamati meliputi kemampuan sistem untuk beroperasi sesuai dengan nilai input penjadwalan serta kemampuan sistem untuk menyalakan lampu sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem kontrol, sehingga dapat mendukung optimalisasi fungsi komponen sistem kontrol dalam mendukung kebutuhan cahaya pada tanaman hidroponik dalam ruangan. Pengujian sistem kontrol dilakukan dengan cara menjalankan sistem selama 5 (lima) hari berdasarkan nilai input penjadwalan. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Sistem Kontrol

Hari ke-	Pembacaan Sensor	Jadwal Lampu Menyala	Jadwal Lampu Mati	Status	
				Berhasil	Tidak Berhasil
1	3638	12:40:00	12:50:00	1	0
2	3545	12:40:00	12:50:00	1	0
3	4230	12:40:00	12:50:00	1	0
4	3770	12:40:00	12:50:00	1	0
5	4054	12:40:00	12:50:00	1	0
Total				5	0
Persentase				100%	0

Sumber : Data diolah (2024)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan adalah Selisih dari sistem penjadwalan paling lama adalah 2 detik, ini menandakan bahwa sistem penjadwalan mampu menjadwalkan durasi penyinaran sesuai dengan nilai *input* dan Sensor intensitas cahaya dapat membaca nilai intensitas cahaya lampu dengan tingkat akurasi sebesar 86%.

DAFTAR PUSTAKA

- Gupta, S. D. (2017). Light Emitting Diodes for Agriculture. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5807-3>
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S., & Yoshihara, T. (2012). Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environmental and Experimental Botany*, 75, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.08.010>
- Lindawati, Y., Triyono, S., & Suhandy, D. (2015). Neon Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) Dengan Hidroponik Sistem Sumbu (Wick System) The Effect Of Lighting Length With Led And Fluorescent Lamps Combination on The Growth and Product of Pakcoy (*Brassica rapa L.*) WITH W. *Teknik Pertanian Lampung*, 4(3), 191–200.
- Runkle, E. S. (2019). BY ERIK RUNKLE DLI ' Requirements .' May, 2019.
- Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., & Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 139–147. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.04.117>
- Singh, D., Basu, C., Wollweber, M. M., & Roth, B. (2015). LEDs for Energy Efficient Greenhouse Lighting Devesh. *Nucl. Phys.*, 13(1), 104–116.