

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL INTENSITAS CAHAYA SERTA PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS PADA *GREENHOUSE* BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

[DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING LIGHT INTENSITY AND AUTOMATIC WATERING OF PLANTS IN A GREENHOUSE BASED ON THE INTERNET OF THINGS]

Fitri Yuni Astuti^{1*}, Henri P. Uranus²,

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Pelita Harapan Jl. M.H Thamrin Boulevard, Lippo Village, Tangerang

*Korespondensi penulis: fitriyuni662@gmail.com

ABSTRACT

Agriculture is an important sector in a country's economy, but with the increasing population growth, the challenges in agriculture are becoming increasingly complex. One of the main challenges is maintaining the quality and quantity of plants product. Greenhouses are an effective solution to control the plant growth environment. However, environmental management in conventional greenhouses today requires a lot of labor and high costs. To address this challenge, there is an urgent need to develop an automation system capable of monitoring plant conditions and controlling the light intensity and watering of plants in greenhouse plants. The system uses Internet of Things (IoT) technology with an ESP32 Devkit v1 microcontroller module for automatic and real-time monitoring and control of the plant growth environment. Through the implementation of carbon dioxide (CO₂), light intensity, soil pH, and soil moisture quality monitoring systems along with automatic control of light intensity and watering of plants in greenhouses, it is hoped that agricultural productivity can be increased. Sensor data were taken and read by the microcontroller which is then displayed and sent to 4 platforms, namely Serial Monitor, LCD OLED, website Platform, and Google Sheets. The microcontroller successfully reads the data of the installed sensors and sent in real-time to multiple platforms. These test data provide a concrete picture of the performance of the developed greenhouse plant monitoring and control system. The results of verification to commercial measuring instruments showed that the LDR sensor had an average error of 1.15%, the CO₂ sensor had an error of 0.86%, the soil pH sensor had an error of 3.22%, and the soil moisture sensor had an error of 1.46%. Functional tests show that the system responds to turn on the growlight when the light intensity drops to 500 Lux and turn on the pump when the soil moisture drops below 40% according to the threshold points setting.

Keywords: *Internet of Things; environment monitoring; environment control; greenhouse*

ABSTRAK

Pertanian adalah sektor penting dalam perekonomian suatu negara, namun dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, tantangan dalam pertanian menjadi semakin kompleks. Salah satu tantangan utama adalah menjaga kualitas dan kuantitas hasil tanaman. *Greenhouse* adalah solusi efektif untuk mengendalikan lingkungan pertumbuhan tanaman. Namun, pengelolaan lingkungan dalam *greenhouse* konvensional saat ini memerlukan banyak tenaga kerja dan biaya yang tinggi. Untuk mengatasi tantangan ini, ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem otomatis yang mampu memantau kondisi tanaman dan mengontrol intensitas cahaya serta penyiraman tanaman pada *greenhouse*. Sistem ini menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan mikrokontroler ESP32 Devkit v1 untuk pemantauan dan kontrol otomatis realtime pada lingkungan pertumbuhan tanaman.

Melalui implementasi sistem pemantauan konsentrasi karbon dioksida (CO₂), intensitas cahaya, pH tanah dan kelembapan tanah serta kontrol otomatis intensitas cahaya dan penyiraman tanaman otomatis, diharapkan produktivitas pertanian dapat ditingkatkan. Data-data sensor diambil dan dibaca oleh mikrokontroler yang kemudian ditampilkan dan dikirimkan ke 4 platform, yaitu *Serial Monitor*, LCD OLED, *platform website*, dan *Google Spreadsheet*. Mikrokontroler berhasil membaca data-data sensor yang terpasang, dan mengirimkan secara *realtime* pada *platform-platform* tersebut. Data-data pengujian ini memberikan gambaran konkret tentang kinerja sistem pemantauan dan kontrol tanaman *greenhouse* yang dikembangkan. Hasil verifikasi terhadap alat ukur komersial menunjukkan sensor LDR mempunyai kesalahan sebesar 1.15%, sensor CO₂ mempunyai kesalahan sebesar 0.86%, sensor pH tanah mempunyai kesalahan 3.22%, sensor kelembapan tanah mempunyai kesalahan 1.46%. Uji fungsional menunjukkan sistem memberi respon menyalakan lampu *growlight* saat intensitas cahaya turun sampai 500 Lux dan menyalakan pompa saat kelembapan tanah turun di bawah 40% sesuai dengan *setting* titik *threshold* yang diberikan.

Kata kunci: *Internet of Things*; pemantauan lingkungan; kontrol lingkungan; *greenhouse*

PENDAHULUAN

Pertanian memiliki peran integral dalam ekonomi suatu negara. Pertumbuhan populasi yang terus meningkat membuat sektor pertanian dihadapkan pada tantangan yang semakin kompleks. Tantangan yang dihadapi adalah semakin meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia sementara penurunan jumlah lahan pertanian mengakibatkan penurunan jumlah hasil pertanian (Ristian *et al.*, 2022). Dalam upaya pengembangan sektor pertanian ini, teknologi *greenhouse* adalah salah satu cara untuk meningkatkan kontrol lahan pertanian dan lingkungan pertumbuhan tanaman. *Greenhouse* adalah struktur khusus yang menciptakan kondisi lingkungan yang dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman. (Anwar, 2018; Prasetyo *et al.*, 2018). *Greenhouse* dapat menciptakan lingkungan yang dapat diatur secara presisi untuk memenuhi kebutuhan

tanaman, menciptakan kondisi pertumbuhan yang optimal yang berfungsi sebagai pelindung tanaman dari gangguan seperti hujan, angin kencang, hama dan gangguan lainnya (Adnantha *et al.*, 2018). Dengan menggunakan teknologi *greenhouse*, tanaman dapat dilakukan pemantauan dan kontrol kondisi tanaman secara lebih mudah. (Rasyid *et al.*, 2023; Saleh *et al.*, 2017)

Namun, pengelolaan lingkungan pada *greenhouse* konvensional bergantung pada kerja yang melibatkan jumlah tenaga kerja yang signifikan dan biaya yang tinggi. Pengelolaan *greenhouse* tradisional dengan mengukur intensitas cahaya, pH tanah, kelembapan tanah, serta kualitas karbon dioksida (CO₂) yang diperlukan oleh tanaman untuk mempercepat produktivitas tanaman umumnya dilakukan secara manual. (Akbar, 2021). *Human error* pada proses tersebut dapat mengakibatkan

tanaman yang layu karena kurangnya memperhatikan kelembapan tanah secara teratur dan tanaman tidak mendapatkan sinar matahari yang cukup apalagi ketika musim penghujan sehingga mengakibatkan kurang produktivitasnya.

Untuk mengatasi kendala tersebut diperlukan upaya pengembangan sistem otomatisasi yang canggih untuk memantau dan kontrol pada *greenhouse* seperti pemantauan intensitas cahaya, pH tanah, kelembapan tanah dan kualitas karbon dioksida (CO₂) pada lingkungan *greenhouse* dan kontrol intensitas cahaya serta penyiraman tanaman otomatis. Sistem ini akan memanfaatkan teknologi IoT (*Internet of Things*) dengan menggunakan internet yang memungkinkan untuk pemantauan dan kontrol lingkungan dan pertumbuhan tanaman pada *greenhouse* secara otomatis dan *real-time* yang dapat dilihat pada monitor LCD yang dipasang di *greenhouse* atau melalui pemantauan jarak jauh lewat internet. (Arsyad, 2017; Astuti *et al.*, 2021; Pamungkas, 2020).

Dengan mengimplementasikan sistem monitoring intensitas cahaya, pH tanah, kelembapan tanah dan kualitas karbon dioksida (CO₂) serta kontrol intensitas cahaya dan penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT pada *greenhouse*, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian secara efisien dari

segi biaya, kualitas tanaman dan pemanfaatan lahan pertanian. Penerapan teknologi ini akan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia yang mungkin sulit diakses dalam jumlah yang diperlukan oleh pertanian *modern*. Penelitian ini terbatas pada desain *prototype greenhouse* mini yang diharapkan mewakili keadaan *greenhouse* yang sesungguhnya. Penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi pada kemajuan teknologi dalam sektor pertanian, sekaligus menjawab tuntutan inovasi solusi untuk menghadapi tantangan kompleks dalam pertanian.

METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai rancang bangun sistem pemantauan dan kontrol intensitas cahaya serta penyiraman tanaman otomatis pada *greenhouse* berbasis *internet of things* ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

Tahap Observasi

Tahap ini dilakukan untuk pengamatan dan pengumpulan data-data yang berkaitan dengan latar belakang dengan mempelajari sistem serupa dari jurnal ilmiah. Penulis membagi kegiatan ini ke dalam beberapa jenis kajian, yaitu:

1. Kajian tentang perancangan dan pengimplementasian rancang bangun *hardware* pada *Internet of Things*

2. Kajian tentang pemrograman hardware sistem sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan
3. Kajian tentang komunikasi pengiriman data ke *website* dan Google *Spreadsheet*

Tahap Studi Pustaka

Tahap ini dilakukan untuk penulis mendapatkan teori dan referensi yang berkaitan dengan monitoring intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah dan kualitas karbon dioksida (CO₂) serta kontrol otomatis cahaya dan air yang diterapkan pada *greenhouse*. Penulis akan melakukan analisis kebutuhan yang akan digunakan untuk pengimplementasian sistem yang dibuat. Keseluruhan informasi yang didapatkan digunakan penulis sebagai rujukan pembuatan sistem. Dengan melakukan pengamatan dan perbandingan penulis dapat melakukan analisis dan identifikasi terkait dengan kelebihan dan kekurangan pada rancang bangun sistem sebelumnya. Hal tersebut membantu penulis untuk menentukan analisis kebutuhan *hardware* apa saja yang akan digunakan dan relevan dengan pembuatan sistem.

Tahap Perencanaan *Hardware*

Tahap perencanaan *hardware* dilakukan untuk dapat menganalisis kebutuhan alat secara fisik yang akan digunakan untuk pembuatan sistem

pemantauan dan kontrol pada *greenhouse*. Tabel 1 menunjukkan hasil analisis kebutuhan alat yang digunakan dalam pembuatan sistem.

Tabel 1. Analisis Kebutuhan Alat

Nama Alat	Kegunaan Alat
ESP32 Devkit v1	Mikrokontroler otak sistem rancang bangun
Sensor LDR	Sebagai pemantauan intensitas cahaya pada sistem
Sensor MQ-135	Sebagai pemantauan kualitas karbon dioksida (CO ₂) pada sistem
Sensor <i>Soil Moisture</i>	Sebagai pemantauan kelembapan tanah pada sistem
Sensor pH Tanah	Sensor untuk mendeteksi pH pada tanah
<i>Relay</i>	Sebagai kontrol pada lampu <i>growth light</i> dan pompa air DC yang dihubungkan ke mikrokontroler
Lampu DC 12V	Sebagai sumber cahaya pada sistem
Pompa Air DC	Sebagai kontrol air pada sistem
LCD OLED	Sebagai monitoring <i>realtime</i>
PCB (<i>Printed Circuit Board</i>)	Sebagai <i>platform</i> untuk pengoneksian komponen-komponen
Baterai 12V	Sebagai sumber tegangan alat

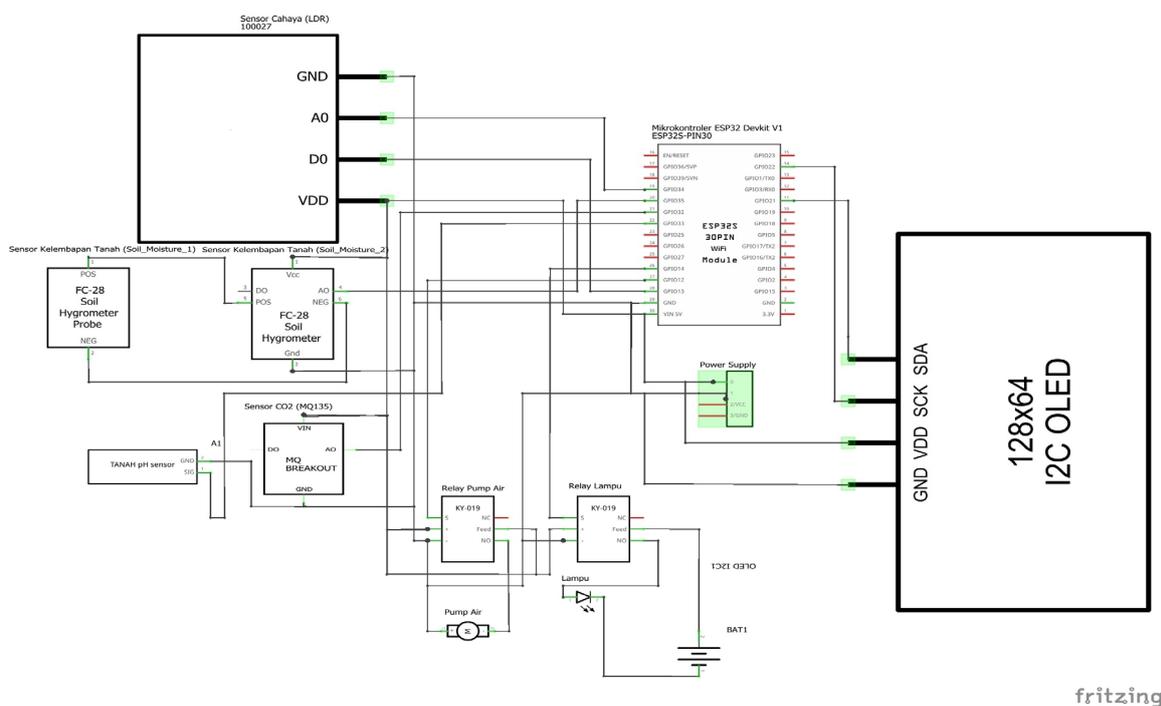
Tahap Perencanaan *Software*

Tahap perencanaan *software* dilakukan untuk menentukan algoritma dan implementasi perangkat lunak untuk melakukan pemantauan secara *realtime* kondisi dari *greenhouse* baik tanaman maupun lingkungan *greenhouse*. Dalam kegiatan ini penulis membagi perencanaan *software* sistem menjadi 3 bagian sebagai berikut:

1. Sistem dapat melakukan pemantauan secara *realtime* di lingkungan *greenhouse* secara langsung dengan menggunakan menampilkan hasil bacaan sensor pada LCD OLED.
2. Sistem dapat melakukan pemantauan secara *realtime* dengan jarak dekat dengan menggunakan *website*.
3. Sistem dapat melakukan pemantauan secara *realtime* dengan mencatatkannya menggunakan Google *Spreadsheets*.

Tahap Pembuatan Skema dan Perancangan Sistem

Tahap ini dilakukan untuk pembuatan skema sistem dan perancangan sistem yang akan dibuat agar mempermudah penulis dalam pengimplementasian alat. Dalam tahap ini penulis melakukan pembuatan rancangan berupa skema *hardware* yang diimplementasikan ke sistem yang akan dibuat dari analisis kebutuhan alat yang telah dilakukan sebelumnya.



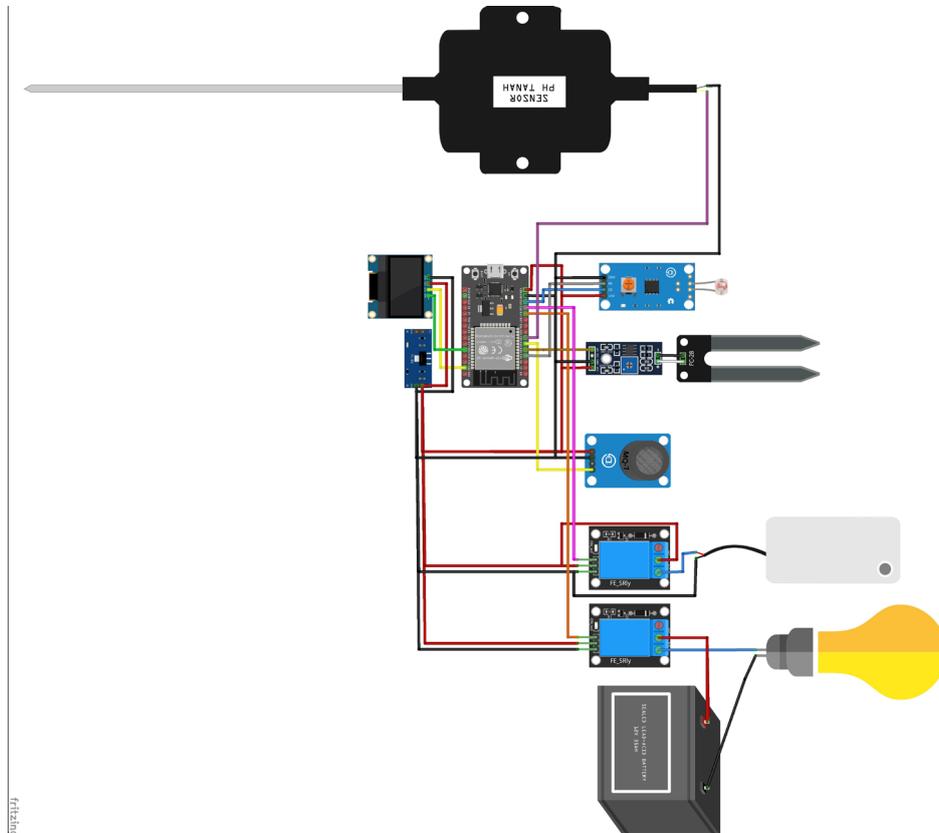
Gambar 1. Skematik Sistem Pemantauan dan Kontrol Tanaman *Greenhouse*

Gambar 1 menunjukkan skematik rangkaian alat pemantauan dan kontrol intensitas cahaya serta penyiraman otomatis tanaman *greenhouse* sementara Gambar 2 menunjukkan pengkabelan pada sistem. Mikrokontroler yang digunakan adalah

ESP32 Devkit v1 yang dapat terintegrasi dengan internet untuk pengiriman data. Sensor LDR menggunakan I/O pin analog dan digital untuk pengambilan data. Sensor MQ-135 dan sensor *soil moisture* menggunakan I/O pin analog untuk

pengambilan data. Kontrol *relay* lampu 12 V otomatis dan penyiraman air otomatis menggunakan I/O pin digital. Koneksi LCD

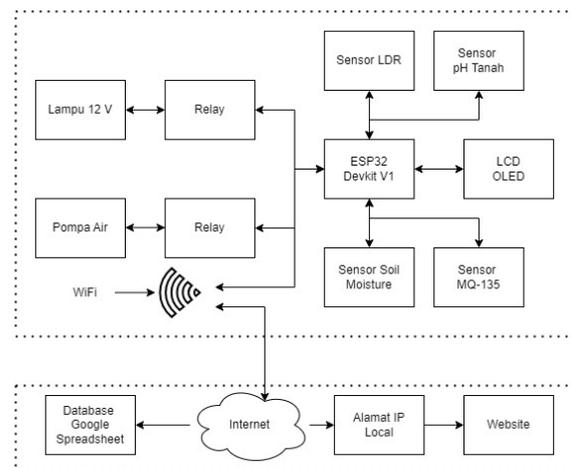
OLED menggunakan pin SCL dan SDA ESP32 devkit v1 untuk komunikasi melalui protokol I2C.



Gambar 2. Rancangan *wiring* Sistem Pemantauan dan Kontrol Tanaman *Greenhouse* yang dibuat dengan aplikasi Fritzing

Gambar 3 memperlihatkan diagram blok sistem. Bagian pertama ditunjukkan pada blok device yang terdiri dari mikrokontroler ESP32 Devkit v1 yang digunakan untuk mengambil data dari sensor-sensor yang digunakan yang kemudian diproses dan dikirimkan ke *website* dan *Google Spreadsheet*. *Website* ini berfungsi sebagai platform pemantauan secara *realtime*. Sedangkan *Google Spreadsheet* berfungsi sebagai *database* sistem yang digunakan untuk analisis data.

Sistem menggunakan 5 sensor pemantauan dan kontrol sistem akuator.



Gambar 3. Diagram blok sistem pemantauan dan kontrol tanaman *greenhouse*

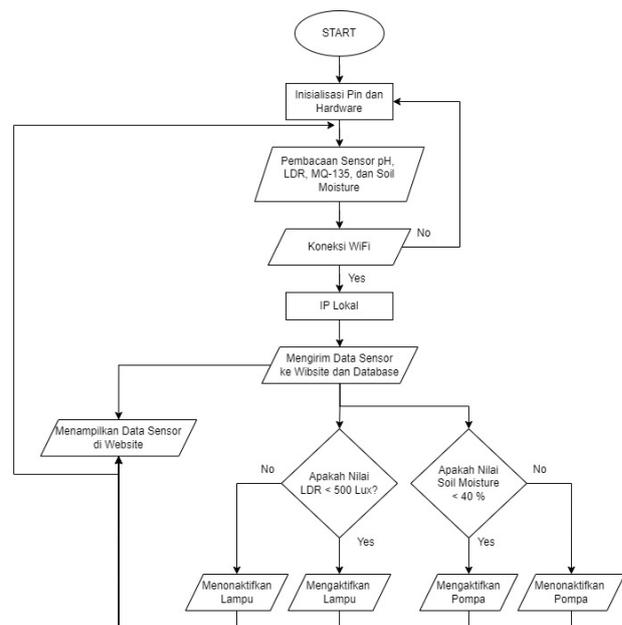
Sensor yang digunakan untuk pemantauan meliputi sensor LDR untuk pengambilan data intensitas cahaya pada lingkungan *greenhouse*, sensor MQ-135 yang berfungsi untuk pengambilan data CO₂ pada lingkungan *greenhouse*, sensor pH tanah yang berfungsi untuk pengambilan data pH tanah, dan sensor *soil moisture* yang berfungsi untuk pengambilan data kelembapan tanah pada *greenhouse*. Akuator yang digunakan untuk kontrol meliputi lampu tanaman dan *relay* yang akan berfungsi menyalakan lampu otomatis ketika pada *greenhouse* terdeteksi “gelap” dan kurangnya cahaya matahari untuk membantu proses fotosintesis. Pompa untuk membantu proses fotosintesis. Pompa celup air DC dan *relay* yang akan berfungsi ketika kelembapan tanah terdeteksi rendah < 40% yang secara otomatis menyiramkan air pada tanaman *greenhouse* sementara komponen *display* LCD OLED yang digunakan untuk pemantauan langsung pada lingkungan *greenhouse*.

Pada bagian kedua dibuat *platform* yang digunakan untuk visualisasi data. *Platform* yang digunakan adalah *website* dan *Google Spreadsheet*. *Website* berfungsi sebagai *platform* monitoring hasil pemantauan yang diproses di mikrokontroler ESP32 Devkit v1 sehingga menjadi data yang bisa dibaca secara *realtime*. Sementara itu *Google Spreadsheet* berfungsi untuk melakukan

data logging data hasil pemantauan yang dapat digunakan untuk analisis data lebih lanjut dengan menggunakan internet.

Perancangan Algoritma Sistem

Perancangan algoritma sistem ini bertujuan untuk menetapkan cara kerja dari sistem pemantauan dan kontrol *greenhouse* berbasis *internet of things*.



Gambar 4. Flowchart perancangan sistem pemantauan dan kontrol tanaman *greenhouse*

Gambar 4 merupakan flowchart perancangan yang menjelaskan tentang alur kerja pada sistem pemantauan dan kontrol intensitas cahaya dan penyiraman tanaman otomatis pada *greenhouse* berbasis *Internet of Things*. Mula-mula *mikrokontroler* akan menginisialisasi *device* sensor. Kemudian mikrokontroler membaca data-data yang dikirimkan sensor LDR, sensor MQ-135, sensor *soil moisture*, dan sensor pH. Data-data sensor tersebut akan dikirimkan dan

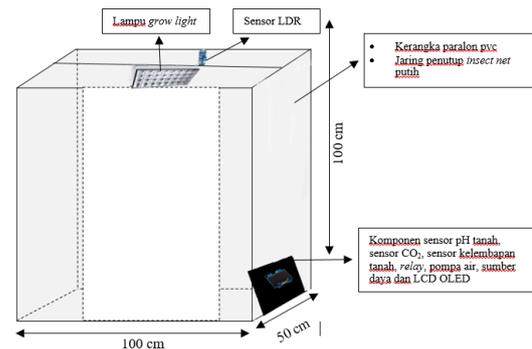
ditampilkan oleh LCD OLED, *platform website* dan database *Google Spreadsheet*. Jika sensor LDR mendeteksi dan mengirimkan data yang menyatakan bahwa lingkungan *greenhouse* gelap maka sistem akan menyalakan lampu secara otomatis dan jika keadaan lingkungan *greenhouse* terang maka tidak akan sistem menyalakan lampu otomatis. Dan ketika sensor *soil moisture* mendeteksi bahwa kelembapan tanah $< 40\%$ maka fungsi sistem kontrol penyiraman otomatis akan bekerja menyiramkan air pada tanaman *greenhouse*, sementara jika kelembapan tanah $> 40\%$ maka tidak terjadi kontrol sistem penyiraman tanaman otomatis. Keadaan-keadaan tersebut akan dibaca oleh mikrokontroler ESP32 devkit v1 yang kemudian akan ditampilkan di LCD OLED, *platform aplikasi website* dan database *Google Spreadsheet*. Dan data tersebut akan diambil secara terus menerus.

Rancang Bangun *Greenhouse* Mini

Berikut dijelaskan tentang perancangan desain *prototype* yang akan dibuat dengan menggunakan miniatur *greenhouse* mini yang akan diinstalasikan sistem alat pemantauan dan kontrol *greenhouse*. Gambar 5 memperlihatkan desain *layout prototype greenhouse*.

Greenhouse yang dibuat mempunyai ukuran panjang x lebar x tinggi = 100cm x 50cm x 100cm yang dibuat

dengan menggunakan bahan PVC untuk pembuatan kerangka dari *prototype* dan jaring *insect net* kasa putih yang digunakan untuk jaring penutup kerangka *greenhouse*. Pada *prototype* tersebut diinstalasikan sistem berbasis *internet of things greenhouse* sesuai dengan desain.



Gambar 5. Desain *layout prototype* sistem *greenhouse*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Konektivitas ESP32

Pengujian konektivitas ESP32 dalam menghubungkan *website* menggunakan IP lokal bertujuan untuk memastikan bahwa modul ESP32 dapat berfungsi sebagai *server web* yang diakses melalui jaringan lokal. Dalam pengujian ini, ESP32 diatur untuk menghasilkan alamat IP lokal melalui koneksi *Wi-Fi*, yang kemudian digunakan untuk menyajikan halaman *web* sederhana.

Hal ini melibatkan pengujian stabilitas koneksi, kecepatan respon *server*, dan aksesibilitas dari berbagai perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama. Dengan demikian, hasil pengujian ini dapat

memberikan gambaran tentang kemampuan ESP32 dalam menjalankan tugas sebagai *server web* di lingkungan lokal. Hasil pengujian ini dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6. Proses mendapatkan IP local akses ke website

Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian konektivitas ESP32 terhadap jaringan Wi-Fi, dapat disimpulkan bahwa ESP32 berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi dengan alamat IP lokal. Penggunaan perintah `WiFi.localIP()` efektif untuk menampilkan alamat IP yang diperoleh dari router. Alamat IP ini memungkinkan akses ESP32 melalui jaringan lokal, yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan,

seperti *hosting server web* sederhana. Pengujian ini menunjukkan bahwa ESP32 mampu berfungsi sebagai perangkat *Internet of Things* yang dapat berinteraksi dengan perangkat lain di jaringan melalui alamat IP yang diberikan.

Pengujian Database Google Spreadsheet

Pengujian database menggunakan Google Spreadsheet untuk menguji sejauh mana kemampuan *platform* ini dalam menyimpan, mengelola, dan menampilkan data sensor secara efisien. Dengan menggunakan Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan, diharapkan dapat mempermudah pemantauan dan analisis data secara *real-time*, serta menyediakan antarmuka yang mudah diakses untuk pengolahan data lebih lanjut. Pengujian ini akan mengkaji integrasi antara sistem sensor dan Google Spreadsheet untuk memastikan akurasi dan kelancaran aliran data. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

Monitoring Greenhouse Sensor Data Logger					
Date	Time	LDR	CO2	Kelembapan Tanah	pH Tanah
11/11/2024	8:33:34	421	402	50	6.8
11/11/2024	8:35:25	432	350	46	6.4
11/11/2024	8:36:54	423	370	49	6.3
11/11/2024	8:37:14	389	366	54	6.7
11/11/2024	8:38:42	402	345	55	6.8
11/11/2024	8:39:29	445	354	59	6.4
11/11/2024	8:40:51	466	322	61	6.9
11/11/2024	8:41:08	498	298	62	7.1
11/11/2024	8:41:56	503	309	58	6.9
11/11/2024	8:42:38	497	311	59	6.8

Gambar 7. Tampilan *database* nilai sensor sistem.

Pengujian Sensor MQ-135 (CO₂)

Pengujian sensor MQ-135 mengevaluasi kinerja sensor dalam mendeteksi konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) di udara. Tujuan dari pengujian

sensor MQ-135 ini adalah untuk memastikan bahwa sensor dapat mendeteksi konsentrasi gas CO₂ melalui verifikasi terhadap hasil bacaan CO₂ *detector* komersial. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Verifikasi hasil bacaan sensor MQ-135 terhadap referensi CO₂ detector.

Perc.	Bacaan Sensor MQ-135 (ppm)	Bacaan CO ₂ Detector (ppm)	Error (%)
1	412	416	0.96
2	413	418	1.2
3	417	420	0.71
4	410	414	0.97
5	412	415	0.72
6	419	422	0.71
7	413	417	0.96
8	415	419	0.95
9	417	421	0.95
10	411	413	0.48
Rata – rata Error			0.86

Berdasarkan hasil pengujian sensor MQ-135 terhadap referensi CO₂ *Detector*, dapat disimpulkan bahwa sensor MQ-135 menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam mendeteksi konsentrasi CO₂ dengan *error* rata-rata sebesar 0.86%. *Persentase error* pada masing-masing percobaan bervariasi antara 0.48% hingga 1.2%, yang menandakan bahwa perbedaan antara pembacaan sensor dan CO₂ *detector* relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor MQ-135 cukup akurat dalam mengukur konsentrasi CO₂, dengan tingkat ketidaktepatan yang rendah, dan dapat diandalkan untuk pemantauan kualitas udara.

Pengujian Sensor pH Tanah

Pengujian sensor pH tanah mengevaluasi kemampuan sensor dalam mengukur tingkat keasaman atau kebasaan tanah secara akurat. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan pembacaan yang konsisten dan akurat pada berbagai kondisi tanah, baik yang bersifat asam, netral, maupun basa. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi respons sensor terhadap perubahan pH tanah di lapangan, serta kemampuannya untuk digunakan dalam aplikasi pertanian atau sistem irigasi otomatis.

Pengujian ini bertujuan untuk menilai konsistensi sensor dalam memberikan hasil yang stabil pada berbagai kondisi tanah dengan pH berbeda. Hasil pengujian ini dapat dilihat dari Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perbandingan nilai sensor pH terhadap referensi pH instrument.

Perc.	Bacaan Sensor pH Tanah	Bacaan pH Instrument	Error (%)
1	6.3	6.5	3.08
2	6.2	6.4	3.13
3	6.6	6.7	1.49
4	6.5	6.8	4.41
5	6.4	6.6	3.03
6	6.3	6.4	1.56
7	6.5	6.7	2.99
8	6.6	6.7	1.49
9	6.2	6.4	3.13
10	6.4	6.7	4.48
Rata – rata Error			3.22

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, diperoleh rata-rata *error* sebesar 3.22%. *Error* ini dihitung berdasarkan perbedaan antara bacaan sensor pH tanah dan bacaan pH *instrument* pada setiap percobaan. *Error* terbesar terjadi pada percobaan ke-4 dengan nilai *error* 4.48%, sementara *error* terkecil tercatat pada percobaan ke-3 dan ke-8, masing-masing dengan nilai 1.49%. Secara keseluruhan, meskipun ada fluktuasi antara percobaan, nilai *error* yang ditemukan cukup konsisten dengan rata-rata *error* yang relatif kecil, yaitu 3.22%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor pH tanah memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat, meskipun ada sedikit deviasi yang perlu diperhatikan dalam penggunaannya untuk aplikasi lebih lanjut.

Pengujian Fungsional Sistem Monitoring Pencahayaan *Greenhouse*

Pengelolaan pencahayaan di dalam *greenhouse* merupakan salah satu faktor krusial yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Cahaya yang cukup dan sesuai dengan kebutuhan tanaman akan mendukung proses fotosintesis secara optimal. Pengujian sistem monitoring pencahayaan menggunakan sensor LDR bertujuan untuk memantau intensitas cahaya di dalam *greenhouse* secara *real-time*. Sistem ini memungkinkan pengelola untuk memastikan bahwa tanaman

mendapatkan pencahayaan yang memadai, baik dari sumber cahaya alami maupun buatan. Dengan adanya sistem monitoring ini, diharapkan kualitas pencahayaan di dalam *greenhouse* dapat lebih terkontrol, sehingga pertumbuhan tanaman dapat berjalan dengan lebih efisien.

Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali per 30 menit yang akan dilakukan dengan memperhatikan respons sensor LDR terhadap perubahan intensitas cahaya, kemudian dari perubahan sensor tersebut apakah lampu menyala atau mati. Eksperimen juga sekaligus melihat berbagai kondisi yang optimal agar sistem beroperasi dengan efisien dan konsisten. Pengujian ini juga melihat respon dari *relay* untuk menghidupkan dan menonaktifkan lampu. Hasil pengujian ini dapat dilihat dari Tabel 4.

Tabel 4. Hasil data pengujian pencahayaan pada *greenhouse*.

Perc.	Nilai LDR (Lux)	Relay	Kondisi Lampu
1	460	HIGH	Menyala
2	360	HIGH	Menyala
3	262	HIGH	Menyala
4	337	HIGH	Menyala
5	217	HIGH	Menyala
6	567	LOW	Tidak Menyala
7	625	LOW	Tidak Menyala
8	593	LOW	Tidak Menyala
9	554	LOW	Tidak Menyala
10	593	LOW	Tidak Menyala

Berdasarkan hasil pengujian sistem monitoring pencahayaan menggunakan sensor LDR, dapat disimpulkan bahwa kondisi pencahayaan di dalam *greenhouse*

dapat dipantau secara efektif. Pada percobaan dengan nilai LDR yang lebih rendah (di bawah 500 Lux), *relay* berfungsi untuk menyalakan lampu, yang ditandai dengan kondisi "Menyala". Sebaliknya, pada percobaan dengan nilai LDR yang lebih tinggi (di atas 500 Lux), relay mematikan lampu, yang menyebabkan lampu "Tidak Menyala". Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dalam menyesuaikan pencahayaan berdasarkan intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor LDR, sehingga memastikan efisiensi penggunaan energi dengan mengontrol pencahayaan sesuai kebutuhan.

Pengujian Fungsional Sistem Kontrol Pompa Otomatis

Sistem kontrol pompa otomatis berdasarkan kelembapan tanah dapat membantu menjaga kadar air yang optimal, memastikan tanaman mendapatkan kelembapan yang cukup tanpa risiko kekeringan atau kelebihan air. Penelitian ini bertujuan untuk menguji sistem kontrol pompa yang bekerja otomatis berdasarkan pengukuran kelembapan tanah, dengan menggunakan sensor kelembapan untuk memonitor kondisi tanah secara *real-time*. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman yang membutuhkan kadar air yang cukup stabil, seperti tomat, selada, dan paprika, yang sangat bergantung

pada kelembapan tanah yang terjaga untuk pertumbuhannya. Sistem kontrol pompa otomatis yang bekerja berdasarkan tingkat kelembapan tanah, dengan pengaturan agar pompa aktif saat kelembapan tanah terdeteksi kurang dari 40%. Hasil pengujian ini dapat dilihat dari Tabel 5.

Tabel 5. Hasil data pengujian kontrol pompa otomatis.

Perc.	Jam WIB	Nilai Soil	Relay	Kondisi Pompa
1	07:00	23 %	ON	Menyala
2	09:00	33 %	ON	Menyala
3	11:00	31 %	ON	Menyala
4	01:00	29 %	ON	Menyala
5	03:00	49 %	OFF	Tidak Menyala
6	05:00	42 %	OFF	Tidak Menyala

Berdasarkan hasil pengujian sistem kontrol pompa otomatis berdasarkan kelembapan tanah, dapat disimpulkan bahwa pompa berfungsi dengan baik sesuai dengan kondisi kelembapan tanah yang terdeteksi. Pada percobaan dengan nilai kelembapan tanah di bawah 40%, pompa secara otomatis menyala (ON) untuk menjaga kelembapan tanah. Sebaliknya, ketika kelembapan tanah mencapai lebih dari 40%, pompa mati (OFF) untuk menghindari kelebihan penyiraman. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol pompa berhasil mengatur penyiraman secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah, yang membantu dalam efisiensi penggunaan air dan mendukung kondisi pertumbuhan tanaman yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisis dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol *greenhouse* berhasil dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 devkit v1 dengan indikator-indikator sensor meliputi intensitas cahaya (sensor LDR), kualitas karbon dioksida (CO₂) pada tanaman (sensor MQ 135), kelembapan tanah (sensor *soil moisture*), sensor pH tanah, serta aktuator *relay* kontrol lampu dan relay kontrol air
2. Pemantauan telah berhasil dilakukan di serial monitor Arduino IDE, LCD OLED, *platform website* dengan IP lokal dan Google *Spreadsheet*.
3. Kontrol lampu akan berfungsi “Lampu Menyala” ketika keadaan lingkungan *greenhouse* terdeteksi “Gelap” serta operasi lampu “Lampu Tidak Menyala” maka keadaan lingkungan *greenhouse* terdeteksi “Terang”.
4. Kontrol pompa air akan berfungsi “Pompa Menyala” ketika keadaan kelembapan tanah terdeteksi “Kering” serta kondisi pompa air “Pompa Tidak Menyala” maka keadaan kelembapan tanah terdeteksi “Basah”.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnantha, Y. A., & Kusuma, W. A. (2018). Implementasi wireless sensor network untuk otomatisasi suhu ruang dan kelembapan tanah pada *greenhouse* berbasis web server. *Jurnal Online Infomatika*, 3(1), 14-21.
<https://doi.org/10.15575/join.v3i1.169>
- Akbar, M. F. (2021). *Pemanfaatan sensor MQ-135 sebagai monitoring kualitas udara pada aula gedung Fasilkom* [Undergraduate thesis]. Universitas Sriwijaya. Retrieved from
https://repository.unsri.ac.id/53925/1/RAMA_56401_09030581822042.pdf
- Anwar, M. S. (2018). *Sistem monitoring dan kontrol green house menggunakan Node-Red dengan protokol MQTT* [Undergraduate thesis]. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Unissula. Retrieved from
<http://repository.unissula.ac.id/id/eprint/11731>
- Arsyad, M. S. (2017). *Implementasi konsep internet of things pada aplikasi virtual shield untuk Arduino Uno berbasis Android* [Undergraduate thesis]. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, Indonesia. Retrieved from
<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/66218/1/MUHAMMAD%20SAGGAF%20ARSYAD%20-%20FST.pdf>
- Astuti, F. Y., Setiani, Y., Widodo, S., & Nursyahid, A. (2021). Rancang bangun model monitoring dan pengendalian air dalam sistem smart building berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 1-8.
<https://doi.org/10.31884/jtt.v8i1.338>

- Pamungkas, Z. A. (2020). *Perancangan prototype monitoring tempat parkir mobil berbasis Arduino pada Unikom* [Undergraduate thesis]. Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia. Retrieved from <http://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/3650>
- Prasetyo, A. D. (2018). *Rancang bangun compact green house berbasis mikrokontroler* [Undergraduate thesis]. Institut Bisnis dan Informatika, Surabaya, Indonesia. Retrieved from <https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/3120/1/14410200041-2018-COMPLETE.pdf>
- Rasyid, A. N., Hamdani, D., & Setiawan, I. (2023). Rancang bangun smart greenhouse berbasis Arduino Uno. *Ilmu Pembelajaran Fisika*, 2(2), 125-132. <https://doi.org/10.33369/ajipf.2.2.125-132>
- Ristian, U., Ruslianto, I., & Sari, K. (2022). Sistem monitoring smart greenhouse pada lahan terbatas berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, 8(1), 87-94. <https://doi.org/10.26418/jp.v8i1.52770>
- Saleh, M., & Haryanti, M. (2017). Rancang bangun sistem keamanan rumah menggunakan relay. *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(2), 87-94. Retrieved from <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jte/article/view/1601/>