

Rancang Bangun *Smart Indoor Farming* Berbasis *Internet of Things* Dengan *Visible Light Communication*

1st Elvina Hasriya Putri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Purwokerto, Indonesia
elvinahasriyaputri@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Prasetyo Yuliantoro
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Purwokerto, Indonesia
prasetyoy@telkomuniversity.ac.id

3rd Dadiiek Pranindito
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Purwokerto, Indonesia
dadiiek@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak — Kegiatan bercocok tanam pada lingkungan perkotaan menghadapi beberapa rintangan, seperti keterbatasan ruang dan waktu. Hal ini dikarenakan lahan hijau yang semakin mengecil dan juga padatnya kesibukan masyarakat yang tinggal di perkotaan. Hidroponik menjadi solusi bercocok tanam yang efisien di tengah keterbatasan lahan di perkotaan. Namun meskipun hidroponik menjadi solusi efisien untuk bercocok tanam di lahan terbatas, pemantauan kualitas air seperti pH dan TDS masih dilakukan secara manual. Hal ini menyebabkan ketidaktepatan dalam pengaturan nutrisi, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan mengurangi hasil panen. Contohnya, nilai keasaman air yang tidak terkontrol dapat menyebabkan akar membusuk atau tanaman keracunan nutrisi. Hidroponik hadir sebagai salah satu solusi yang dapat dilakukan oleh masyarakat perkotaan untuk mengatasi keterbatasan lahan karena dapat dilakukan di dalam rumah. Namun, pemeliharaan hidroponik memiliki cara pemantauan yang lebih rumit dibandingkan tanaman biasa. Pada tanaman hidroponik, pemilik harus melakukan pemantauan keasaman air dan juga nilai kualitas air yang dilakukan dengan alat ukur. Maka diperlukan sebuah sistem dengan tujuan untuk memudahkan pemilik hidroponik dalam melakukan pemantauan kualitas hidroponik nya. Sistem smart indoor farming atau pertanian pintar didalam ruangan ini dibuat agar pemilik hidroponik dapat melakukan pemantauan dari telepon seluler masing-masing dengan memanfaatkan teknologi visible light communication dan juga internet of things. Sistem ini mampu mengirimkan data ke aplikasi telegram pada telepon seluler pemiliknya dengan memanfaatkan cahaya lampu pada tanaman hidroponik.

Kata kunci— Hidroponik, Kualitas air, Visible Light Communication, Internet of Things

I. PENDAHULUAN

Padatnya pembangunan yang terjadi di kota-kota besar menjadi tantangan baru bagi masyarakat, khususnya terkait keterbatasan lahan dan sumber daya. Salah satu dampaknya adalah masyarakat yang tinggal di wilayah perkotaan sering kali tidak memiliki cukup ruang maupun waktu untuk melakukan aktivitas bercocok tanam. Selain itu, masyarakat urban cenderung lebih banyak menghabiskan waktu di luar rumah untuk bekerja dan beraktivitas, sehingga

mereka tidak memiliki waktu luang yang cukup untuk mengurus tanaman.

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan suatu solusi berupa sistem yang mampu mengoptimalkan pemanfaatan lahan sempit dan sekaligus memungkinkan pemantauan tanaman dari jarak jauh. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah budidaya tanaman dengan metode hidroponik. Hidroponik merupakan salah satu bentuk urban farming yang dinilai lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan air sebagai media tanam tanpa menggunakan tanah. Metode ini menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman agar dapat tumbuh dengan optimal, sehingga hidroponik dapat dikategorikan sebagai aktivitas pertanian berbasis air.

Urban farming sendiri merupakan konsep berkebun atau bertani yang dilakukan dengan memanfaatkan ruang-ruang yang tersedia di lingkungan rumah atau pemukiman. Urban farming memiliki berbagai manfaat, antara lain: (1) memberikan nilai ekologi dengan menciptakan ruang hijau di kawasan perkotaan, (2) memberikan nilai ekonomi yang berpotensi menghasilkan keuntungan serta keberlanjutan pendapatan, dan (3) memiliki nilai edukatif sebagai sumber pengetahuan bagi masyarakat. Selain itu, kegiatan ini juga dapat menjadi alternatif kegiatan produktif bagi masyarakat selama berada di rumah.

II. KAJIAN TEORI

A. Hidroponik

Hidroponik adalah salah satu bentuk metode budidaya tanaman yang tidak memanfaatkan tanah, namun menggantinya dengan memanfaatkan dengan larutan air yang telah diperkaya unsur hara atau nutrisi sebagai sumber utama bagi pertumbuhan tanaman. Karena tidak melibatkan tanah sebagai media tanam, metode ini dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan teknik budidaya konvensional. Di negara dengan empat musim, sistem hidroponik umumnya diterapkan di dalam ruangan (indoor), di mana kebutuhan cahaya matahari digantikan oleh lampu khusus yang disebut grow light untuk mendukung proses fotosintesis. Dalam sistem hidroponik, pengendalian kondisi lingkungan memiliki peran yang penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Terdapat lima parameter utama yang perlu diperhatikan, yaitu nilai konduktivitas listrik EC/ppm, pH larutan, suhu larutan, suhu

lingkungan, dan kelembaban udara (RH). Nilai EC atau ppm mencerminkan konsentrasi nutrisi dalam larutan. Untuk jenis tanaman sayuran berdaun, kisaran ideal berada di antara 600–1200 ppm. Nilai yang berada di luar kisaran tersebut berpotensi menyebabkan tanaman defisiensi atau kelebihan nutrisi yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

B. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep teknologi yang terdiri atas berbagai perangkat yang saling berhubungan, sehingga memungkinkan terjadinya komunikasi baik antara perangkat dengan layanan cloud maupun antar perangkat secara langsung. Konsep IoT memperluas cakupan komunikasi melalui jaringan internet ke berbagai objek fisik di lingkungan sekitar

C. Visible Light Communication

Komunikasi Cahaya Tampak atau *Visible Light Communication (VLC)* merupakan metode transmisi data yang menggunakan modulasi cahaya dalam spektrum tampak dengan panjang gelombang antara 380nm hingga 750nm. Secara umum, setiap sistem yang menggunakan cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia untuk mentransmisikan informasi dapat diklasifikasikan sebagai VLC. Namun, tujuan utama dari teknologi ini adalah untuk memungkinkan transfer data tanpa mengganggu persepsi visual manusia, sehingga cahaya yang digunakan tetap terlihat seperti pencahayaan normal tanpa perbedaan yang mencolok

D. Mikrokontroler

1. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah mikrokontroler yang berbasis pada chip ATmega328P. Papan mikrokontroler ini dilengkapi dengan 14 pin digital input/output, termasuk 6 pin yang mendukung fungsi Pulse width modulation (PWM), serta 6 pin input analog. Selain itu Arduino Uno juga memiliki port USB, konektor catu daya, header In-Circuit serial Programming ICSP, dan tombol reset.

2. ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dikembangkan sebagai generasi lanjutan dari ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler sejenisnya, antara lain jumlah pin input/output dan pin analog yang lebih banyak, kapasitas memori yang besar, serta dukungan terhadap Bluetooth Low Energy (BLE) 4.0. ESP32 telah terintegrasi dengan modul WiFi dan menggunakan prosesor dual-core Xtensa LX6, menjadikannya sangat ideal untuk pengembangan aplikasi berbasis Internet of Things (IoT).

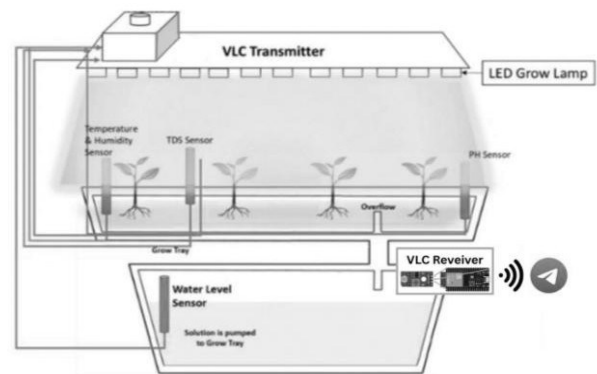
E. Komponen Sistem

1. Sensor Ph-4502C: Mengukur tingkat keasaman air
2. Sensor TDS SEN0244: Mengukur kualitas total padatan terlarut pada air
3. Sensor ketinggian air SEN-0009: Mengetahui ketinggian permukaan air
4. Sensor DHT11: Mengukur suhu dan kelembapan udara ruangan
5. Arduino Uno: Mikrokontroler yang memproses data sensor dan LED Tx

6. ESP32: Mikrokontroler yang memproses data dari LED Rx
7. LED: Komponen untuk mentransmisikan data
8. Laser Receiver Module: Komponen untuk menerima data yang dikirimkan melalui data laser
9. Mosfet IRF520: Komponen untuk mengendalikan elektronik beban DC yang dikendalikan oleh mikrokontroler
10. Telegram : *Platform* yang berfungsi sebagai antarmuka notifikasi jarak jauh secara *real-time*

III. METODE

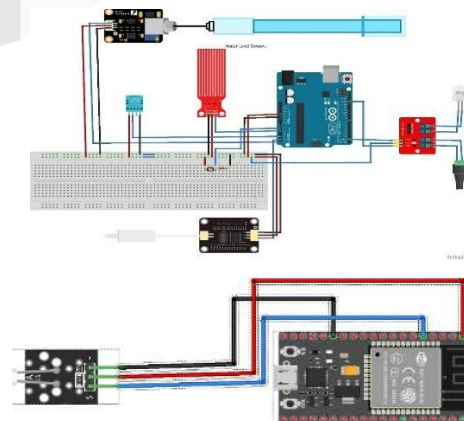
A. Desain Perancangan Sistem



GAMBAR 1
(SISTEM)

Dalam penelitian ini dibuat sebuah sistem dengan tujuan untuk memantau kondisi air dan udara hidroponik. Perangkat yang digunakan pada sistem ini terdiri dari sensor-sensor yang digabungkan dengan mikrokontroler Arduino uno pada bagian pengirim. Data dari sensor yang sudah dikumpulkan akan dikirimkan melalui cahaya LED menggunakan teknologi visible light communication. Selanjutnya pada sisi penerima, terdapat sensor laser receiver module Dimana sensor ini berfungsi untuk menangkap cahaya yang berisi sebuah informasi. Data tersebut akan di program pada mikrokontroler ESP32 dan mengirimkan informasi tersebut ke aplikasi Telegram melalui koneksi internet, sehingga memungkinkan pemilik hidroponik untuk memantau kondisi tanaman secara jarak jauh.

B. Desain Perangkat Keras dan Lunak



GAMBAR 2
(PERANCANGAN)

Gambar diatas merupakan gambaran rangkaian yang digunakan pada sistem pengirim yang terdiri dari data sensor TDS, Water Level SEN-0009, DHT11, pH meter, serta modul MOSFET yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno. Bagian pengirim atau transmitter, VCC dan GND pada Arduino terhubung dengan MOSFET yang selanjutnya juga terhubung dengan LED dan juga Adaptor sebagai output dan power supply. Sedangkan Gambar 3.6 diatas merupakan gambaran rangkaian yang digunakan pada sistem penerima smart indoor farming ini, yang terdiri dari esp32 dan Laser Receiver Sensor Module. Selain untuk menangkap data yang dikirimkan dengan cahaya, pada bagian ini juga digunakan untuk mengirimkan hasil data yang sudah diterima ke telegram sehingga pengguna dapat melihat dengan lebih mudah dimanapun.



GAMBAR 4
(RANGKAIAN SISTEM)

C. Metode Pengujian

Pengujian penelitian ini dipengaruhi oleh kondisi cahaya, jarak dan hasil output

dari penerimaan sistem receiver. Berikut adalah parameter pengujiannya:

1. Pengujian sistem Visible Light Communication pada saat lampu ruangan
2. menyala dan mati
3. Pengujian sistem Visible Light menggunakan LED putih dan LED biru
4. Pengujian sistem berdasarkan jarak penerimanya.
5. Pengujian sistem berdasarkan hasil outputnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas hasil dari pengujian sensor sistem yang diimplementasikan pada tempat hidroponik.

A. Hasil Implementasi Sistem



GAMBAR 3
(HASIL IMPLEMENTASI SISTEM)

Pada gambar di atas dijelaskan bahwa dalam rangkaian sistem pengirim, komponen-komponen seperti sensor pH, TDS, DHT11, dan water level terhubung dengan Arduino Uno yang telah dipasang expansion board. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 menunjukkan letak pemasangan sensor pH, DHT11, TDS, dan water level yang diletakkan di dalam box karena sensor-sensor tersebut berfungsi untuk mengukur kualitas air hidroponik. Sedangkan pada sensor DHT11 diletakkan di luar box karena digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban ruangan. Selain itu, lampu LED yang terhubung dengan MOSFET dan adaptor juga ditempatkan di luar box dan digantung di atasnya. Sementara itu, pada sisi penerima, terdapat ESP32 yang terhubung dengan Laser Receiver Sensor Module. Rangkaian ini diletakkan di sisi samping wadah hidroponik, Penempatan ini dimaksudkan agar modul dapat menerima sinyal dengan baik dari sistem pengirim melalui media cahaya.

B. Pengujian Berdasarkan Warna LED

- LED Putih

TABEL 1
(HASIL PENGUKURAN LED PUTIH SAAT RUANGAN MENYALA)

Pengujian ke	Jarak	Status	Keterangan
1	5 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
2	10 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
3	15 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
4	20 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
5	25 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Puncak jangkauan receiver mampu menerima sinyal
6	30 cm	Gagal Diterima	Receiver tidak menerima sinyal
7	35 cm	Gagal Diterima	Receiver tidak menerima sinyal
8	40 cm	Gagal Diterima	Receiver tidak menerima sinyal

TABEL 2
(HASIL PENGUKURAN LED PUTIH SAAT RUANGAN GELAP)

Pengujian ke	Jarak	Status	Keterangan
1	5 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
2	10 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
3	15 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
4	20 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
5	25 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
6	30 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Sinyal tertangkap namun data tidak dapat terbaca
7	35 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Puncak jangkauan receiver mampu menerima sinyal
8	40 cm	Gagal Diterima	Receiver tidak menerima sinyal

- LED Biru

TABEL 3
HASIL PENGUKURAN LED BIRU SAAT RUANGAN MENYALA

Pengujian ke	Jarak	Status	Keterangan
1	5 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
2	10 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
3	15 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
4	20 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
5	25 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
6	30 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
7	35 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Puncak jangkauan receiver mampu menerima sinyal
8	40 cm	Gagal Diterima	Receiver tidak menerima sinyal

TABEL 4
HASIL PENGUKURAN LED BIRU SAAT RUANGAN MENYALA

Pengujian ke	Jarak	Status	Keterangan
1	5 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
2	10 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
3	15 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
4	20 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
5	25 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
6	30 cm	Berhasil	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
7	35 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Data diterima sempurna tanpa kesalahan
8	40 cm	Berhasil diterima (dengan error)	Puncak jangkauan receiver mampu menerima sinyal

Berdasarkan data pengujian VLC, LED berwarna putih dan biru menunjukkan perbedaan hasil yang jauh berbeda terhadap variasi jarak dan kondisi pencahayaan ruangan.

Pada pengujian dengan menggunakan LED berwarna putih, sistem hanya mampu menangkap sinyal dengan jarak tidak lebih dari 25 cm, dengan kondisi sistem hanya mampu menerima sinyal namun tidak dapat membaca data (error) Dan pada jarak diatas 30 cm, sinyal sama sekali tidak terdeteksi.

Sebaliknya, LED berwarna biru mampu menerima data tanpa error sampai jarak 30 cm baik pada kondisi ruangan terang maupun gelap. Dan pada jarak 35 cm sistem mulai tidak mampu membaca namun masih dapat menerima sinyal dan terhenti total di 40 cm.

Pengujian ini menunjukan bahwa LED berwarna biru lebih unggul dalam kedua kondisi dibanding LED berwarna putih dalam jarak jangkauan ataupun kestabilan pengiriman data. Terlihat pada pengujian bahwa cahaya sekitar seperti sinar matahari ataupun cahaya lampu lain pada ruangan mampu mempengaruhi kualitas transmisi data. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh LED berwarna putih yang menghasilkan spektrum yang lebih lebar sehingga data yang dikirimkan mudah bercampur dengan cahaya lain. Sedangkan, LED berwarna biru memiliki spektrum yang lebih sempit sehingga sinyal yang dikirimkan dapat lebih jelas dan lebih tahan gangguan cahaya sekitar lain.

C. Pengujian Berdasarkan Sumber Air

- Nutrisi

TABEL 5
HASIL PENGUKURAN DENGAN AIR NUTRISI

Waktu	Sensor				
	TDS	pH	Water Level	DHT11 (suhu)	DHT11 (kelembapan)
07:00 WIB	446 ppm	6.43	3.5 cm	25.9°C	58%
13:00 WIB	387 ppm	6.51	2.82 cm	27.0°C	59%
18:00 WIB	402 ppm	6.49	2.76 cm	24.7°C	59%

- Air sungai

TABEL 6
HASIL PENGUKURAN DENGAN AIR SUNGAI

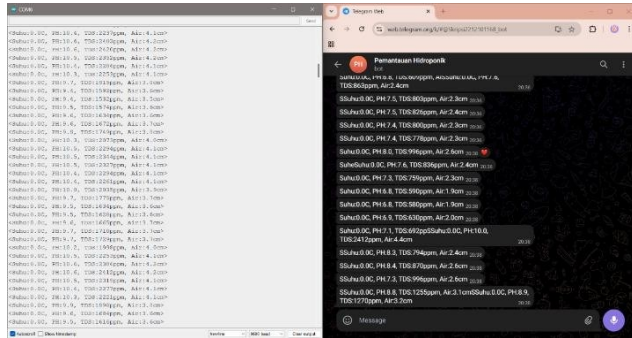
Waktu	Sensor				
	TDS	pH	Water Level	DHT11 (suhu)	DHT11 (kelembapan)
07:00 WIB	141 ppm	7.1	4.0 cm	25.9°C	58%
13:00 WIB	146 ppm	7.3	3.89 cm	27.0°C	59%
18:00 WIB	153 ppm	7.8	3.57 cm	24.7°C	59%

Pengujian ini menunjukan bahwa kualitas antara air nutrisi dan air sungai berbeda. Air nutrisi hidroponik menunjukan nilai pH antara 6.43–6.51, hal ini baik untuk nutrisi tanaman hidroponik dikarenakan nilai pH yang baik untuk tanaman yaitu antara 5.5-6.5, Selain itu, pada air nutrisi hidroponik nilai TDS pada pagi hari (446 ppm), menurun siang hari (387 ppm), dan sedikit naik sore hari (402 ppm). Sedangkan, kualitas air sungai Kalimalang menunjukkan pH antara 7.1 hingga 7.8, menandakan sifat air sungai yaitu basa

yang kemungkinan disebabkan oleh pengaruh polusi. Selain itu, untuk nilai TDS dari air sungai pada pagi hari (141 ppm), dan meningkat pada siang hari (146 ppm), lalu meningkat lagi pada sore hari (153 ppm).

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa nilai TDS sungai sangat rendah, sehingga air ini kurang cocok untuk langsung digunakan dalam sistem hidroponik baik dalam nilai pH ataupun nilai TDS. Selain itu, pH yang meningkat ke nilai basa ($> 8,0$) dapat menghambat penyerapan unsur hara dan ketersediaan nutrisi penting bagi tanaman hidroponik.

D. Pengujian Berdasarkan Pengiriman Data ke Telegram



GAMBAR 3
HASIL TELEGRAM

Pada sisi pengirim, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, bagian pengirim dari sistem ini berhasil mengirimkan data lingkungan yang berisi nilai ppm, nilai pH, kelembaban, suhu ruangan, dan level air menggunakan Arduino Uno dan aplikasi Arduino IDE. Keberhasilan pengiriman data ditunjukkan pada serial monitor yang menampilkan data dari sensor-sensor yang telah dipasang, serta ditandai dengan lampu yang berkedip sebagai indikator bahwa lampu sudah terprogram dan siap mengirimkan data. Sementara itu, pada sisi penerima, sistem berhasil menerima data lingkungan yang sama menggunakan ESP32 dan Laser Receiver Sensor Module. Keberhasilan penerimaan data terlihat dari pesan yang dikirimkan ke Telegram, yang berisi data-data yang sebelumnya dikirim oleh sisi pengirim.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemilihan jenis LED dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi proses pengiriman data dari transmitter ke receiver. Data pengujian menunjukkan bahwa LED berwarna biru LED menunjukkan performa transmisi data yang lebih baik dibandingkan LED putih. Dan juga, Lingkungan ruangan dalam kondisi gelap mampu meningkatkan kualitas data dikarenakan berkurangnya interferensi dari sumber cahaya lain.
2. Kondisi penerimaan data yang baik pada pengujian kali ini yaitu dengan meletakkan receiver tidak lebih dari 30 cm.
3. Penelitian ini mengimplementasi teknologi Visible Light Communication (VLC) untuk memantau kondisi pada sistem smart indoor farming. Dengan menggunakan LED sebagai sumber cahaya sekaligus media transmisi data, sistem ini memungkinkan pemantauan parameter seperti suhu, kelembaban, dan kualitas air secara real-time yang

dapat diakses melalui aplikasi telegram sehingga memudahkan pemantauan.

REFERENSI

- [1] T. A. Zuraiyah, M. I. Suriyansyah and A. P. Akbar, "Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT)," *INFORMATION MANAGEMENT FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS : Journal of Information Management*, vol. 3, no. 2, pp. 139-150, 2019.
- [2] A. D. Akrim, A. Z. Syaiful, Y. Presentya and L. A. Angela, "OOD SECURITY RESILIENCE: A PRELIMINARY STUDY OF SUSTAINABLE URBAN FARMING IN MAKASSAR CITY," *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL BEHAVIOR AND ENGINEERING*, vol. 2, no. 2, pp. 14- 27, 2024.
- [3] thinkcorp, "Visible Light Communication (VLC): Teknologi Masa Depan untuk Komunikasi Nirkabel," Thinkcorp Indonesia, 02 September 2024.[Online]. Available: <https://thinkcorp.id/apa-itu-visible-light-communication-vlc/>. [Accessed 31 May 2025].
- [4] M. M. Yusuf, S. Sahrani, M. H. M. Saad, M. Sarker and . M.Z. A. Samah, "DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INTERNET OF THINGS (IOT) BASED REAL TIME MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR SMART INDOOR HYDROPONIC VERTICAL FARMING SYSTEM WITH ESP32 AND ADAFRUIT IO," *Journal of Information Systems and Technology Management (JISTM)*, vol. 7, no. 28, pp. 155-163, 2022.
- [5] N. Ramsari and T. Hidayat, "Teknologi Internet of Things (IoT) pada Tanaman Selada dan Pakcoy Hidroponik dengan Menggunakan Perhitungan MAPE," *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, vol. 7, no. 1, pp. 1-13, 2023.
- [6] Y. Prasetya, A. G. Putrada and A. Rakhmatsyah, "Evaluation of IoT-Based Grow Light Automation on Hydroponic Plant Growth," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 7, no. 2, pp. 314-325, 2021.
- [7] R. R. Nugroho, I. Wijayanto and S. Hadiyoso, "PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGIRIMAN DATA DIGITAL BERBASIS VLC DENGAN LED DAN PHOTOTRANSISTOR ARRAY," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35-42, 2018.
- [8] S. Rajendran, T. Domalachenpa, H. Arora, P. Li, A. Sharma and G. Rajauria, "Hydroponics: Exploring innovative sustainable technologies and applications across crop production, with Emphasis on potato mini-tuber cultivation," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, 2024.
- [9] NPKMutuara, "NPKMutuara," PT Meroke Tetap Jaya, 6 October 2022. [Online]. Available: <https://npkmutuara.com/post/5-parameter-yang-harus-diperhatikan-dalam-berhidroponik>. [Accessed May 2025].
- [10] K. K. Patel and . S. M. Patel, "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges," *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 6, no. 5, pp. 6122-6131, 2016.
- [11] Y. Santoso and E. Mozef, "Implementasi Komunikasi Cahaya Tampak Melalui Lampu LED pada Sistem Komunikasi Suara Menggunakan Modulasi Frekuensi," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 11, pp. 649-655, 2020.
- [12] H. Alam, M. Angga and H. Widya, "Penggunaan Arduino Uno Untuk Mendeteksi In dan Out Pengunjung Ruang Kantor," *Journal of Electrical Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 96-99, 2022.
- [13] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 60 - 66, 2023.
- [14] V. K. Pratifi, A. T. Sasongko and A. Dedi, "Integration of DHT11 and PIR Sensors in Indoor Temperature Automation and Motion Detection System Using Arduino Nano Microcontroller," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 3, pp. 1148-1159, 2024.
- [15] G. A. SAPUTRA, "ANALISIS CARA KERJA SENSOR PH- E4502C MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO UNTUK MERANCANG ALAT PENGENDALIAN PH AIR PADA TAMBAK," *UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG, BANDAR LAMPUNG*, 2020.

- [16] B. Khoerun, I. Fitriyanto and I. Fatwasauri, "Alat Ukur Kualitas Air (Suhu, pH, TDS, Kadar Garam, dan Kekeruhan)," RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, vol. 8, no. 1, pp. 261-267, 2025.
- [17] A. Z. Nusri and A. Alimuddin, "RANCANG BANGUN SECURITY DOOR LOCK MENGGUNAKAN FINGERPRINT BERBASIS MIKROKONTROLER," Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika "JISTI", vol. 5, no. 1, pp. 23-28, 2022.
- [18] R. D. Handayani, A. Widiyanto and I. A. Saputra, "Pemanfaatan Sensor Laser Untuk Mendeteksi Hama Burung Di Sawah Pada Tanaman Padi," in Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Bandar Lampung, 2023.
- [19] L. Noviyanti, "Pemanfaatan Aplikasi Telegram Sebagai Platform Bisnis Digital : Perspektif Pelajar Sebagai Pengguna Aktif Telegram," Jurnal Bisnis Kreatif dan Inovatif, vol. 1, no. 4, pp. 82-93, 2024..

