

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS
PADA SISTEM MONITORING CHILLER
MAKEUP WATER TANK DI MALL
LIVING WORLD DENPASAR**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

Fairuzsyah Raisan Farid Abdullah

NIM. 2115344029

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Sistem monitoring level air berbasis Internet of Things (IoT) dirancang untuk memantau tinggi air pada Chiller Makeup Water Tank di Mall Living World Denpasar. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengukur tinggi air setiap 10 menit, kemudian mengirimkan data secara otomatis ke Google Sheets melalui koneksi WiFi. Selain itu, data juga dikirim ke Arduino Cloud setiap 1 menit untuk visualisasi langsung melalui dashboard. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menjaga kapasitas air tangki dalam rentang aman sebesar 57–89% dari total kapasitas ($62,5 \text{ m}^3$), dengan rata-rata harian sebesar 73,14% atau $46,03 \text{ m}^3$. Sistem juga dilengkapi dengan notifikasi Telegram otomatis setiap 2 menit saat level air turun di bawah ambang batas 50% kapasitas, memungkinkan respon cepat terhadap potensi anomali. Koefisien korelasi hasil kalibrasi sensor mencapai $R = 0,989$, menandakan akurasi tinggi dalam pengukuran. Sistem ini terbukti efektif dalam memberikan visibilitas *real-time*, mendeteksi fluktuasi dan anomali operasional, serta mendukung efisiensi tenaga kerja dan konservasi air dalam sistem pendinginan mall. Diharapkan sistem ini dapat diimplementasikan secara luas di berbagai infrastruktur yang membutuhkan pemantauan air otomatis dan responsif.

Kata kunci: Internet of Things, monitoring air, sensor ultrasonik, ESP32, chiller tank, sistem pendingin

ABSTRACT

An Internet of Things (IoT)-based water level monitoring system was developed to track the real-time water height in the Chiller Makeup Water Tank at Living World Mall Denpasar. The system utilizes a JSN-SR04T ultrasonic sensor connected to an ESP32 microcontroller to measure the water height every 10 minutes and automatically send the data to Google Sheets via WiFi. Additionally, data is transmitted to Arduino Cloud every 1 minute for live dashboard visualization. Test results show that the system successfully maintained the tank water level within a safe range of 57–89% of its full capacity (62.5 m³), with a daily average of 73.14% or 46.03 m³. The system also includes an automatic Telegram notification feature that alerts every 2 minutes when water drops below 50% capacity, enabling quick responses to anomalies. The sensor calibration yielded a correlation coefficient of $R = 0.989$, indicating high measurement accuracy. This system proves effective in delivering real-time visibility, detecting fluctuations and operational anomalies, and enhancing labor efficiency and water conservation in mall cooling systems. It is expected to be widely applicable in various infrastructures requiring automatic and responsive water monitoring.

Keywords: *Internet of Things, water monitoring, ultrasonic sensor, ESP32, chiller tank, cooling system*

DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Persetujuan Seminar Skripsi	ii
Lembar Pengesahan Skripsi	iii
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Skripsi.....	iv
Abstrak.....	v
<i>Abstract</i>	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat Akademik.....	3
1.5.2 Manfaat Aplikatif	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Internet of Things (IoT)	6
2.1.2 Sensor Ultrasonik	7
2.1.3 ESP32 Mikrokontroler.....	8
2.2.4 Arduino IDE	10
2.2.5 HTTP Rest API	10
2.2.6 Google App Script.....	11
2.2.7 Google Sheet..	12
2.2.8 Arduino Cloud.....	13
2.2.9 WiFi (Wireless Fidelity).....	15

2.2.10 Telegram.....	15
2.2.11 <i>OLED 1.3''</i>	16
2.2.12 Parameter Dominan.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Gambaran Umum	19
3.1.1 Perancangan Sistem.....	23
3.2 Pembuatan Alat	24
3.2.1 Langkah Pembuatan Alat	24
3.2.2 Alat dan Bahan	25
3.2.3 Rancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	25
3.2.4 Rancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	29
3.2.5 Integrasi Sistem.....	44
3.3 Pengujian Sistem.....	45
3.3.1 Pengujian Keakuratan Sensor JSN SR04T Ultrasonik	45
3.3.2 Pengujian Kestabilan Koneksi IoT.....	46
3.3.3 Pengujian Konsumsi Daya Alat	47
3.4 Pengumpulan dan Analisis Data Monitoring Air	48
3.4.1 Pengumpulan dan Analisis Data Monitoring Air	48
3.4.2 Teknik Analisis Data Monitoring Air	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Implementasi Alat	50
4.2 Pengujian Halaman untuk Monitoring Sistem	51
4.3 Pengujian Kalibrasi Sensor JSN SR04T Ultrasonik	57
4.2.1 Peralatan yang Digunakan.....	57
4.2.2 Cara Pengujian	57
4.2.3 Hasil Pengujian	57
4.4 Pengujian Kestabilan Latensi Sistem	59
4.4.1 Peralatan yang Digunakan.....	59
4.4.2 Cara Pengujian	59

4.4.3 Hasil Pengujian	59
4.5 Pengujian Konsumsi Daya	64
4.5.1 Peralatan yang Digunakan.....	64
4.5.2 Cara Pengujian	64
4.5.3 Hasil Pengujian	64
4.6 Rekapitulasi dan Visualisasi Data Monitoring Chiller Makeup Water Tank	67
4.6.1 Rekap Visualisasi Harian	67
4.6.2 Analisis Tren Monitoring Chiller Makeup Water Tank Keseluruhan	76
4.6.3 Kesimpulan Rekapitulasi Monitoring Air Chiller Makeup Water Tank.....	78
BAB V PENUTUP	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
DAFTAR LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1: Arsitektur Internet of Things.....	6
Gambar 2.2: Sensor Jarak Ultrasonik JSN-SR04T	7
Gambar 2.3: Mikrokontroler ESP32.....	9
Gambar 2.4: Arduino IDE.....	10
Gambar 2.5: . Skema komunikasi perangkat – Arduino Cloud – aplikasi remote.	14
Gambar 2.6: OLED 1.3”	16
Gambar 3.1: Chiller Makeup Water Tank.....	19
Gambar 3.2: Ilustrasi Penempatan Alat di Chiller Makeup Water Tank	20
Gambar 3.3: Skema Sistem Chiller Di Mall Living World	21
Gambar 3.4: Diagram Keseluruhan Sistem	23
Gambar 3.5: Diagram Alir Pembuatan Sistem	24
Gambar 3.6: Rangkaian Skematik Perangkat Keras	25
Gambar 3.7: Desain Box Enclosure	26
Gambar 3.8: Rangkaian Skematik Sensor JSN SR04T pada software Fritzing	27
Gambar 3.9: Rangkaian skematik pada <i>Display</i> OLED pada software Fritzing	27
Gambar 3.10: Rangkaian Skematik Hilink AC to DC 5V, LED, Push Button.....	28
Gambar 3.11: Diagram Alur Kerja Perangkat Lunak.....	29
Gambar 3.12: Tampilan Database Google Sheet	31
Gambar 3.13: Tampilan Dashboard Arduino Cloud.....	31
Gambar 3.14: Pembuatan Bot Telegram di BotFather.....	41
Gambar 3.15: Proses Daftar Device Baru di Arduino IoT Cloud.....	41
Gambar 3.16: Konfigurasi Mikrokontroler dan Token Arduino IoT Cloud	42
Gambar 3.17: Konfigurasi Variable Arduino IoT Cloud.....	42
Gambar 3.18: Diagram Antarmuka.....	43
Gambar 3.19: Diagram Alir Integrasi Hardware dan Software.	44
Gambar 4.1: Tampak luar desain alat dan sensor JSN SR04T	50
Gambar 4.2: Tampak dalam desain alat dan sensor JSN SR04T	50
Gambar 4.3: Panel pompa Chiller Makeup Water Tank sebagai sumber catu daya.....	51

Gambar 4.4: Penempatan Alat di Chiller Makeup Water Tank	51
Gambar 4.5: Penempatan sensor JSN SR04T di Chiller Makeup Water Tank.....	52
Gambar 4.6: Hasil database Google Sheet.....	53
Gambar 4.7: Hasil antarmuka Arduino Cloud via Browser di Komputer	54
Gambar 4.8: Proses permohonan izin akses dashboard Arduino Cloud via browser	54
Gambar 4.9: Proses perizinan akses dashboard Arduino Cloud	55
Gambar 4.10: Hasil antarmuka Arduino Cloud via smartphone.....	55
Gambar 4.11: Hasil notifikasi peringatan level air di Telegram.....	56
Gambar 4.12: Grafik fungsi linearitas karakteristik sensor JSN SR04T Ultrasonik	58
Gambar 4.13: Hasil latensi data gateway ESP32 ke App Script dan Notifikasi.....	60
Gambar 4.14: Hasil latensi penulisan data gateway App Script ke Google Sheet.....	60
Gambar 4.15: Grafik tren hasil latensi data gateway	62
Gambar 4.16: Diagram hasil latensi data gateway.....	63
Gambar 4.17: Grafik perbandingan tegangan sistem berdasarkan jenis catu daya.....	65
Gambar 4.18: Grafik perbandingan arus sistem berdasarkan jenis catu daya	66
Gambar 4.19: Diagram perbandingan daya sistem berdasarkan jenis catu daya	66
Gambar 4.20: Grafik Tren Monitoring Air – 13 Mei 2025.....	68
Gambar 4.21: Grafik Tren Monitoring Air – 14 Mei 2025.....	69
Gambar 4.22: Grafik Tren Monitoring Air – 15 Mei 2025.....	70
Gambar 4.23: Grafik Tren Monitoring Air – 16 Mei 2025.....	71
Gambar 4.24: Grafik Tren Monitoring Air – 17 Mei 2025.....	72
Gambar 4.25: Grafik Tren Monitoring Air – 18 Mei 2025.....	73
Gambar 4.26: Grafik Tren Monitoring Air – 19 Mei 2025.....	74
Gambar 4.27: Grafik Tren Monitoring Air – 20 Mei 2025.....	75
Gambar 4.28: Grafik Tren Keseluruhan Monitoring Air 13– 20 Mei 2025.	76
Gambar 4.29: Diagram Batang Statistik Keseluruhan Monitoring Air 13– 20 Mei 2025.	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1: Hasil sample pengumpulan data tanggal 13 Mei 2025	48
Tabel 4.1: Hasil pengujian kalibrasi sensor JSN SR04T	58
Tabel 4.2: Hasil pengujian latensi data gateway	61
Tabel 4.3: Hasil Rata-rata, minimum dan maksimum latensi data gateway	63
Tabel 4.4: Hasil pengujian konsumsi daya alat	65
Tabel 4.5: Statistik Harian Monitoring Air – 13 Mei 2025.	68
Tabel 4.6: Statistik Harian Monitoring Air – 14 Mei 2025.	69
Tabel 4.7: Statistik Harian Monitoring Air – 15 Mei 2025.	70
Tabel 4.8: Statistik Harian Monitoring Air – 16 Mei 2025.	71
Tabel 4.9: Statistik Harian Monitoring Air – 17 Mei 2025.	72
Tabel 4.10: Statistik Harian Monitoring Air – 18 Mei 2025.	73
Tabel 4.11: Statistik Harian Monitoring Air – 19 Mei 2025.	74
Tabel 4.12: Statistik Harian Monitoring Air – 20 Mei 2025.	75
Tabel 4.13: Statistik Keseluruhan Monitoring Air 13 – 20 Mei 2025.	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan komponen esensial dalam berbagai sektor industri, termasuk dalam sistem pendinginan seperti chiller pada fasilitas komersial. Menurut data dari Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), penggunaan air di sektor industri mendominasi di negara-negara berpenghasilan tinggi dengan rata-rata 17%, sedangkan di negara berpenghasilan rendah hanya sekitar 2% [1]. Efisiensi dalam penggunaan air menjadi faktor krusial dalam pengelolaan sumber daya industri guna mendukung keberlanjutan operasional.

Mall Living World Denpasar merupakan salah satu pusat perbelanjaan yang menggunakan sistem AC sentral Chiller berkapasitas pendinginan total 2400TR (Tons of Refrigerant) dengan sebagian besar komponennya telah terotomatisasi. Namun, chiller water supply tank masih mengandalkan pengecekan manual oleh staf, terutama untuk memastikan ketersediaan air dalam sistem pendingin. Proses ini tidak hanya memakan waktu tetapi juga kurang efisien, terutama pada malam hari, ketika keterbatasan tenaga kerja dapat menghambat efektivitas operasional [2].

Seiring dengan perkembangan teknologi, Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi dalam sistem monitoring dan otomatisasi. Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem monitoring berbasis IoT untuk chiller makeup water tank, yang terdiri dari sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, mikrokontroler sebagai unit pemrosesan, serta modul komunikasi nirkabel yang memungkinkan data level air dikirim secara real-time ke platform monitoring berbasis cloud. Sistem ini memungkinkan pengelola gedung untuk memantau level air melalui dashboard visual di perangkat komputer atau smartphone, serta menerima notifikasi peringatan apabila ketinggian air mencapai batas kritis.

Dengan adanya sistem ini, pemantauan ketinggian air tidak lagi bergantung pada pengecekan manual, sehingga mengurangi risiko kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, otomatisasi ini mendukung upaya konservasi air di sektor industri. Berdasarkan laporan United Nations World Water Development Report (2019), kebutuhan air global diperkirakan meningkat sebesar 20–30% hingga tahun 2050, dengan lonjakan permintaan yang signifikan di sektor industri dan domestik [4]. Oleh karena itu,

penerapan teknologi berbasis IoT dalam sistem pendinginan dapat menjadi langkah strategis dalam menghadapi tantangan pengelolaan sumber daya air di masa depan. Air merupakan komponen esensial dalam berbagai sektor industri, termasuk dalam sistem pendinginan seperti chiller pada fasilitas komersial. Menurut data dari *Food and Agriculture Organization of the United Nation* (FAO), penggunaan air di sektor industri mendominasi di negara-negara berpenghasilan tinggi dengan rata-rata 17%, sedangkan di negara berpenghasilan rendah hanya sekitar 2% [1]. Efisiensi dalam penggunaan air menjadi faktor krusial dalam pengelolaan sumber daya industri guna mendukung keberlanjutan operasional.

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana mengintegrasikan Internet of Things untuk memantau level air pada chiller makeup water tank secara real-time di mall Living World?
2. Apa saja kendala teknis yang dapat muncul dalam implementasi sistem monitoring IoT pada chiller makeup water tank, serta bagaimana solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti konektivitas jaringan, daya tahan sensor, dan faktor lingkungan?
3. Dapat memverifikasi data level air yang dikirimkan oleh sensor ultrasonik dilakukan untuk memastikan keakuratan dan keandalan sistem monitoring IoT?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada permasalahan yang dapat dipecahkan, maka terdapat beberapa batasan yang ditetapkan, yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada implementasi sistem monitoring level air pada chiller makeup water tank di Mall Living World Denpasar, tanpa mencakup aspek otomatisasi pengisian air.
2. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi level air dalam tangki adalah sensor ultrasonik, tanpa membahas penggunaan sensor lain seperti kapasitif atau radar.
3. Studi ini hanya membahas aspek teknis implementasi sistem monitoring, termasuk integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, tanpa melakukan analisis ekonomi terkait efisiensi biaya sistem otomatisasi ini.
4. Penelitian ini tidak mencakup pengaruh sistem terhadap konsumsi daya atau performa keseluruhan sistem pendingin chiller di Mall Living World Denpasar.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengembangkan sistem monitoring level air berbasis IoT pada chiller makeup water tank di Mall Living World Denpasar untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan operasional.
2. Untuk mengidentifikasi dan menerapkan solusi terhadap kendala teknis dalam implementasi sistem monitoring IoT, termasuk permasalahan dalam konektivitas data, daya tahan sensor, serta pengaruh faktor lingkungan terhadap kinerja sistem.
3. Untuk memverifikasi dan menganalisis data level air yang dikirimkan oleh sensor ultrasonik guna memastikan keakuratan dan keandalan informasi yang digunakan dalam sistem monitoring IoT.

Manfaat dari penelitian ini dapat dikategorikan menjadi dua aspek, yaitu manfaat akademik dan manfaat aplikatif:

1.4.1. Manfaat Akademik

1. Menambah referensi dalam bidang IoT terkait implementasi sistem monitoring level air pada fasilitas industri atau komersial.
2. Sebagai bahan kajian bagi peneliti selanjutnya dalam pengembangan sistem otomatisasi dan monitoring berbasis IoT untuk aplikasi di sektor industri.
3. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pemantauan berbasis real-time, khususnya dalam optimalisasi sistem pendinginan chiller.

1.4.2. Manfaat Aplikatif

1. Membantu pihak pengelola Mall Living World Denpasar dalam meningkatkan efisiensi operasional sistem pendinginan melalui otomatisasi pemantauan level air chiller makeup water tank.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap pengecekan manual, sehingga meningkatkan efektivitas tenaga kerja dan mengoptimalkan alokasi sumber daya.
3. Meningkatkan keandalan sistem pendinginan dengan mengurangi risiko gangguan operasional akibat keterlambatan pengisian air dalam tangki chiller.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem monitoring level air berbasis Internet of Things (IoT) pada chiller makeup water tank di Mall Living World Denpasar, dapat disimpulkan sebagai berikut, yang selaras dengan perumusan masalah dan tujuan penelitian:

1. Integrasi Internet of Things berhasil dilakukan melalui penggunaan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, modul WiFi untuk pengiriman data real-time ke Google Sheets (setiap 10 menit) dan Arduino Cloud (setiap 1 menit), serta notifikasi Telegram otomatis interval 2 menit saat level $<50\%$. Sistem ini mampu memantau level air secara real-time, menjaga kapasitas tangki dalam rentang aman 57–89% (rata-rata harian 73,14% atau 46,03 m³ dari total 62,5 m³), sehingga meningkatkan efisiensi pemantauan dan operasional tanpa ketergantungan pada pengecekan manual.
2. Kendala teknis yang diidentifikasi meliputi konektivitas jaringan (latensi rata-rata 1,5 detik untuk pengiriman data ke App Script dan Telegram, serta 2,3 detik ke Google Sheets), serta faktor lingkungan seperti interferensi gelombang ultrasonik. Solusi yang diterapkan mencakup penggunaan protokol HTTPS untuk keamanan koneksi, kalibrasi sensor untuk mengurangi error (rata-rata 0,53%), dan enclosure tahan air untuk perangkat. Pengujian menunjukkan sistem stabil dengan konsumsi daya rendah (rata-rata 0,7 W pada catu daya 5V), sehingga mengatasi kendala tersebut secara efektif.
3. Verifikasi data level air berhasil dengan dilakukan kalibrasi sensor JSN SR04T perbandingan pengukuran manual menggunakan meteran dengan koefisien korelasi $R=0.989$, pengujian latensi (minimum 0,8 detik, maksimum 3,2 detik), dan analisis tren harian (13–20 Mei 2025) yang menunjukkan akurasi tinggi tanpa anomali signifikan. Data divalidasi dengan perbandingan manual, memastikan keandalan sistem IoT untuk deteksi fluktuasi dan peringatan dini, sehingga informasi yang dihasilkan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan operasional.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pelaksanaan dan evaluasi sistem, berikut beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Pengembangan Antarmuka Dashboard: Disarankan untuk mengembangkan dashboard berbasis web atau aplikasi mobile untuk menampilkan data monitoring secara lebih interaktif, sehingga teknisi dapat memantau kondisi tangki dari berbagai perangkat dengan lebih nyaman.
2. Integrasi Sensor Tambahan: Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor flowmeter dan sensor suhu untuk memantau laju aliran air serta korelasi antara suhu lingkungan dan konsumsi air pendinginan.
3. Pemeliharaan Berkala dan Kalibrasi Sensor: Diperlukan perawatan fisik sensor secara berkala dan kalibrasi ulang untuk menjaga akurasi pembacaan, terutama jika sistem digunakan dalam jangka panjang.

Dengan pengembangan dan penyempurnaan lanjutan, sistem ini berpotensi menjadi solusi monitoring air tangki yang efisien, terjangkau, dan scalable dalam konteks manajemen fasilitas bangunan komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Food and Agriculture Organization (FAO), 2019, *Aquastat Database on Water Use*, Rome: FAO.
- [2] Mall Living World Denpasar, 2024, *PT. Tiga Dua Delapan Sistem Operasional Chiller Water Supply Tank*, Internal Report.
- [3] Pawar, G., Pisal, A., Jakhad, G., Koithodathu, G., & Kale, P. G., 2018, *Raspberry Pi Based Automated Waste Segregation System*, *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, issue 10, pp. 29-32. <https://doi.org/10.1007/s43926-024-00987-3>
- [4] United Nations, 2019, *United Nations World Water Development Report*, Paris: UNESCO.
- [5] Sachio, A., Wijaya, H., & Kusuma, S. H., 2018, *IoT-Based Water Level Control System*, *Proceedings of the 2018 Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON2018)*, Bangkok, Thailand. <https://doi.org/10.1007/s43926-024-00084-3>
- [6] Kumar, R., & Palaniappan, S., 2020, *IoT-Based Water Level Monitoring System Using Ultrasonic Sensor and Cloud Platform*, *International Journal of Smart Systems and Technologies*, vol. 6, no. 2, pp. 45-52.
- [7] Jan, M., Ali, R., & Khan, A., 2019, *Smart Water Tank Monitoring System Using IoT*, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 120345-120356.
- [8] Wati, R., Nugroho, S., & Hidayat, T., 2021, *IoT-Based Flood Early Warning System for Situ Rawa Besar, Depok*, *Indonesian Journal of Disaster Management*, vol. 3, no. 1, pp. 15-27.
- [9] Mosey, T., Daniels, J., & Green, B., 2022, *IoT-Based Water Level Monitoring for Flood Early Warning*, *International Journal of Environmental Monitoring Systems*, vol. 5, no. 3, pp. 98-112.
- [10] Choudhary, 2024, *A. Internet of Things: a comprehensive overview, architectures, applications, simulation tools, challenges and future directions*. *Discov Internet Things* 4, 31 (2024). <https://doi.org/10.1007/s43926-024-00084-3>
- [11] Y. Zeng *et al.*, “Assessment of the effects and contributions of natural and human factors on the nutrient status of typical lakes and reservoirs in the Yangtze River Basin,” *Water*, vol. 17, no. 4, p. 559, Feb. 2025, doi: 10.3390/w17040559.
- [12] G. Thauty, S. Ariessaputra, and C. M. O. Muvianto, “Sistem Monitoring Pakan dan Air Minum Burung Peliharaan Pemakan Biji Berbasis Internet Of Things,” *Dielektrika*, vol. 11, no. 1, pp. 32–41, Feb. 2024, doi: 10.29303/dielektrika.v11i1.380.