

Pertanian Terpadu Ayam-Ikan-Sayur berbasis Kombinasi Sensor Multi-Modal dengan *ESP32* dan *Raspberry Pi*

Integrated Chicken–Fish–Vegetable Farming based on a Multi-Modal Sensor System using ESP32 and Raspberry Pi

¹Muhammad Risal, ²Pujianti Wahyuningsih*, ³Suwatri Jura, ⁴Irmawaty Iskandar, ⁵Satria Tandi Allo Masiku, ⁶Muh Yunus Salam, ⁷Abdul Jalil

^{1,5}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Handayani Makassar

²Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Handayani Makassar

^{3,6}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Handayani Makassar

⁴Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Sulawesi Selatan

⁷Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Ujung Pandang

^{1,2,3,5,6}Jl. Adhyaksa Baru, No. 1 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

⁷Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10, Tamalanrea, Kota Makassar

*e-mail: ujiwahyuningsih@handayani.ac.id

(received: 4 August 2025, revised: 23 April 2026, accepted: 25 April 2026)

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem pertanian terpadu Ayam-Ikan-Sayur (AISa) berbasis kombinasi sensor multi-modal dengan kendali ESP32 dan Raspberry Pi. Tujuan pemanfaatan ESP32 pada penelitian ini adalah sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk membaca input sensor multi-modal dalam bentuk data analog yang dikonversi menjadi data digital, kemudian mengirim data digital sensor multi-modal ke Raspberry Pi untuk di proses menggunakan protokol komunikasi serial. Selanjutnya fungsi Raspberry Pi adalah untuk membaca data input sensor multi-modal dalam bentuk data digital dan memproses seluruh data kendali pada pertanian AISa. Adapun sensor multi-modal yang digunakan pada penelitian ini meliputi kamera untuk monitoring pertanian, sensor level air untuk deteksi ketinggian air, DHT11 untuk deteksi suhu dan kelembapan udara, LDR untuk deteksi intensitas cuaca, Infrared untuk deteksi cahaya matahari, TDS untuk deteksi nutrisi air, sensor pH untuk deteksi kadar keasaman air, dan DS18B20 untuk deteksi suhu kolam ikan. Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk mengkonversi data analog sensor multi-modal adalah dengan memanfaatkan kelebihan GPIO pin yang terdapat pada ESP32 untuk mengubah data analog menjadi digital, serta penerapan Raspberry Pi untuk mengolah data pertanian AISa yang memiliki kinerja layaknya sebuah komputer. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat sensor multi-modal dapat memberikan informasi terkait keadaan di sekitar pertanian AISa yang dibaca oleh ESP32 dalam bentuk data analog kemudian mengirimnya ke Raspberry Pi untuk di proses. Selain itu, penelitian ini juga telah menentukan desain jenis data yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya berbasis integrasi pertanian AISa rumah kaca dengan Internet of Things.

Kata kunci: pertanian, ayam-ikan-sayur, ESP32, sensor multi-modal, raspberry Pi

Abstract

This study aims to develop an integrated Chicken–Fish–Vegetable (AISa) farming system based on a multi-modal sensor system controlled by ESP32 and Raspberry Pi. In this system, the ESP32 functions as a microcontroller responsible for reading multi-modal sensor inputs in the form of analog data, converting them into digital signals, and transmitting the data to the Raspberry Pi via a serial communication protocol. The Raspberry Pi, in turn, processes the digital sensor data and manages overall control operations within the AISa farming system. The multi-modal sensors used in this study include a camera for farm monitoring, a water level sensor for detecting water height, a DHT11 sensor for air temperature and humidity, an LDR for light intensity detection, an infrared sensor for sunlight detection, a TDS sensor for measuring water nutrient levels, a pH sensor for detecting water acidity, and a DS18B20 sensor for monitoring fish pond temperature. The method applied in this study for converting analog sensor data involves utilizing the GPIO pins of the ESP32

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

to perform analog-to-digital conversion, while the Raspberry Pi is employed to process the AISa farming data due to its computational capabilities similar to a computer. The results indicate that the multi-modal sensor system is capable of providing comprehensive environmental information about the AISa farming conditions. The data are initially captured by the ESP32 in analog form, converted into digital data, and then transmitted to the Raspberry Pi for further processing. In addition, this study establishes a data design framework for future research involving the integration of AISa greenhouse farming systems with Internet of Things (IoT) technologies.

Keywords: agriculture, chicken-fish-vegetable, ESP32, multi-modal sensor, raspberry Pi

1 Pendahuluan

Sistem pertanian terpadu Ayam-Ikan-Sayur (AISa) merupakan model pertanian yang menggabungkan budidaya ayam, ikan, dan sayuran dalam satu ekosistem terpadu. Ketiga komponen tersebut saling mendukung dan memberikan manfaat satu sama lain melalui prinsip simbiosis mutualisme [1]. Dalam sistem ini, ayam menghasilkan telur yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan bagi manusia, sedangkan kotorannya dapat digunakan sebagai pakan alami bagi ikan. Ikan yang dibudidayakan juga dapat menjadi sumber protein hewani bagi masyarakat, sementara limbah atau kotoran ikan dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi pertumbuhan tanaman hidroponik. Selanjutnya, sayuran yang dihasilkan dapat dikonsumsi oleh manusia serta berpotensi menjadi sumber pakan tambahan bagi ayam dan ikan. Konsep pertanian terpadu AISa dinilai sesuai untuk diterapkan di wilayah perkotaan maupun kawasan permukiman dengan keterbatasan lahan. Hal ini karena sistem tersebut relatif sederhana, efisien, dan mampu menghasilkan produk pangan secara optimal. Dengan demikian, penerapan AISa dapat berkontribusi dalam mendukung program pemerintah di bidang ketahanan pangan dan swasembada pangan nasional [2]. Konsep ini juga selaras dengan Asta Cita Presiden, khususnya dalam upaya memperkuat kemandirian bangsa melalui swasembada pangan, energi, air, ekonomi syariah, ekonomi digital, ekonomi hijau, dan ekonomi biru.

Permasalahan utama dalam pengembangan pertanian terpadu Ayam-Ikan-Sayur (AISa) adalah sulitnya melakukan pemantauan dan perawatan secara terus-menerus akibat keterbatasan waktu masyarakat. Kesibukan sehari-hari dapat menyebabkan pengelolaan pertanian menjadi kurang konsisten, sehingga berpengaruh terhadap perkembangan sistem dan hasil panen yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang perangkat sensor multi-modal pada sistem pertanian terpadu AISa agar dapat membantu masyarakat perkotaan mengelola pertanian secara otomatis berbasis sistem kendali cerdas. Sensor yang digunakan terdiri atas kamera, sensor level air, DHT11, LDR, infrared, TDS, sensor pH, dan DS18B20. Kamera digunakan untuk pemantauan secara real-time ketika sistem terhubung dengan Internet of Things, sensor level air untuk membaca ketinggian air, DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan udara, LDR untuk mengukur intensitas cahaya, infrared untuk mendeteksi cahaya matahari, sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, serta DS18B20 untuk membaca suhu air kolam ikan. Sistem ini menggunakan kombinasi ESP32 dan Raspberry Pi. ESP32 berfungsi membaca data sensor dalam bentuk analog, mengubahnya menjadi data digital, kemudian mengirimkannya ke Raspberry Pi melalui komunikasi serial. Raspberry Pi berperan sebagai pusat pemrosesan data dan kendali pada pertanian AISa. Hasil akhir dari penelitian ini adalah perangkat monitoring dan kendali pertanian AISa berbasis integrasi ESP32 dan Raspberry Pi.

Paper ini disusun secara sistematis ke dalam lima bagian utama. Bagian pendahuluan memuat latar belakang dan permasalahan penelitian. Bagian tinjauan literatur menjelaskan *state of the art* dari penelitian terkait. Bagian metode penelitian menguraikan konsep dan pendekatan yang digunakan dalam penyelesaian masalah. Selanjutnya, bagian hasil dan pembahasan menyajikan temuan penelitian beserta analisis penerapannya. Adapun bagian kesimpulan dan saran berisi simpulan dari hasil penelitian serta rekomendasi untuk pengembangan riset selanjutnya.

2 Tinjauan Literatur

Peneliti telah melakukan studi literatur dan menganalisis topik penelitian sebelumnya terkait dengan pemanfaatan teknologi yang diintegrasikan dengan sistem pertanian terpadu Ayam Ikan dan Sayur sehingga penelitian yang akan dilakukan memiliki kebaruan. Yulianto et al telah merancang

penelitian back-end website pada sistem pertanian terpadu skala mikro berbasis Internet of Things [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peneliti telah membangun website untuk monitoring sistem pertanian terpadu bayam, ayam, dan lele. Lainawa et al telah menerapkan sistem pertanian terpadu tanaman ternak dan ikan dengan sistem LEISA di Kabupaten Minahasa Utara [4]. Hasil dari penelitian memperlihatkan bahwa peneliti telah menerapkan sistem pertanian terpadu pada sayur-ternak, sayur-kolam ikan, ternak-kolam ikan, dan sayur-ternak-kolam ikan. Efektivitas penggunaan sistem pertanian terpadu dalam meningkatkan kesejahteraan dan kemajuan ekonomi di pedesaan telah diimplementasikan oleh Herawati [5]. Para peneliti pada penelitian tersebut telah melakukan studi literatur yang menampilkan bahwa sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan kesejahteraan petani pedesaan. Kemudian Syair et al telah menerapkan pusat pengembangan sistem pertanian terpadu tanaman ternak dan ikan di desa Wambarena, Poleang Utara, Bombana [6]. Para peneliti pada studi tersebut telah menerapkan sistem pertanian terpadu buah naga, sapi, dan lobster yang diterapkan di Desa Wambarena, Poleang Utara, Bombana.

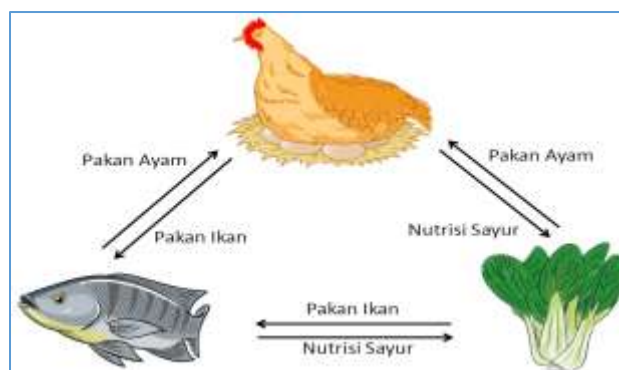
Prabowo *et al.* menerapkan sistem pertanian terpadu untuk mendukung peningkatan kesejahteraan petani desa [7]. Penelitian tersebut memanfaatkan limbah peternakan sebagai pupuk dan sisa pertanian sebagai pakan ternak. Warintan juga memaparkan penerapan sistem pertanian terpadu berbasis kandang *paddock* untuk meningkatkan pendapatan masyarakat melalui integrasi ayam kampung dan budidaya sayuran [8]. Sementara itu, Sidauruk *et al.* mengembangkan pertanian terpadu di wilayah pesisir Desa Paluh Subur, Kecamatan Hamparan Perak, Sumatera Utara, dengan mengintegrasikan budidaya padi dan ternak kambing dalam satu ekosistem [9]. Maisarah *et al.* juga menerapkan konsep serupa melalui pengolahan limbah kotoran hewan menjadi kompos guna mendukung pelestarian lingkungan di Desa Lubok Batee [10]. Sistem yang dikembangkan mencakup tanaman hidroponik, tanaman organik, ikan, unggas, pupuk kompos, dan pupuk organik cair dalam satu ekosistem terpadu.

Padang *et al.* melakukan pendampingan masyarakat dalam pemanfaatan pekarangan melalui sistem pertanian terpadu agropastura di Lembang Belau Utara [11]. Sistem tersebut mencakup tahapan persiapan lahan, penggunaan pupuk kandang, penanaman bibit, budidaya, hingga panen dalam ekosistem yang memadukan sektor pertanian dan peternakan. Wibowo *et al.* mengembangkan konsep pertanian terpadu padi sawah dan ternak sapi di Kecamatan Wonosari, Kabupaten Boalemo [12]. Siswati *et al.* juga menganalisis penerapan pertanian terpadu kelapa sawit dan ternak sapi di Kampung Delima Jaya, Kecamatan Kerinci Kanan, Kabupaten Siak [13]. Selain itu, Suproni mengimplementasikan sistem pertanian terpadu antara tanaman padi dan bebek petelur sebagai upaya meningkatkan pendapatan harian petani [14].

Berdasarkan kajian *state of the art*, berbagai penelitian terdahulu telah menerapkan sistem pertanian terpadu dengan beragam model, seperti pertanian terpadu berbasis website [3], integrasi sayur-ikan-ternak [4], pertanian terpadu pedesaan [5], buah naga-sapi-lobster [6], pemanfaatan limbah untuk pupuk dan pakan ternak [7], ayam kampung dan sayuran [8], padi dan kambing [9], sayur-ikan-unggas [10], agropastura [11], padi dan sapi [12], sawit dan sapi [13], serta padi dan bebek [14]. Namun, belum ditemukan penelitian yang memanfaatkan sensor multi-modal untuk meningkatkan kinerja sistem pertanian terpadu AISa berbasis kendali cerdas. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini adalah pengembangan perangkat sensor multi-modal pada pertanian terpadu AISa sebagai solusi swasembada pangan perkotaan berbasis sistem kendali cerdas. Gagasan ini selaras dengan Asta Cita Presiden dalam memperkuat kemandirian bangsa melalui swasembada pangan, energi, air, ekonomi syariah, ekonomi digital, ekonomi hijau, dan ekonomi biru.

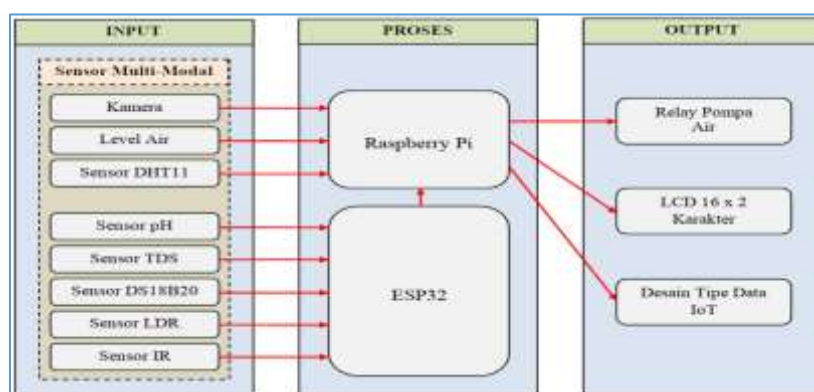
3 Metode Penelitian

Pertanian Ayam-Ikan-Sayur (AISa) dalam penelitian ini dirancang berdasarkan konsep simbiosis mutualisme, yaitu sistem yang memungkinkan ayam, ikan, dan sayuran saling memberikan manfaat. Kotoran ayam dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan, sedangkan limbah ikan yang bercampur dengan air kolam berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman hidroponik. Selain itu, hasil budidaya sayuran hidroponik dan ikan dapat digunakan sebagai pakan tambahan bagi ayam. Ilustrasi konsep pertanian terpadu AISa yang diterapkan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem pertanian terpadu ayam-ikan-sayur

Gambar 1 menunjukkan bahwa pertanian AISa dapat menjadi solusi bagi masyarakat perkotaan dalam mendukung swasembada pangan, khususnya untuk memenuhi kebutuhan daging ayam, telur, ikan, dan sayuran. Akan tetapi, penerapan sistem ini masih menghadapi kendala, terutama dalam hal pemantauan dan perawatan yang harus dilakukan secara terus-menerus, sementara masyarakat memiliki keterbatasan waktu karena aktivitas sehari-hari. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan melalui studi literatur, perumusan hipotesis, dan perancangan metode penelitian. Adapun desain arsitektur sistem yang digunakan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain arsitektur sistem perangkat keras

Berdasarkan Gambar 2, arsitektur perangkat keras sistem kendali pertanian AISa terdiri atas tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Bagian input menggunakan sensor multi-modal, yaitu gabungan beberapa sensor dalam satu modul [15], yang terdiri atas kamera, sensor level air, DHT11, sensor pH, TDS, DS18B20, LDR, dan sensor IR. Kamera digunakan untuk memantau kondisi pertanian AISa secara *real-time* ketika sistem terhubung dengan IoT, serta berfungsi sebagai perangkat input visual dalam sistem komputasi [16]. Sensor level air digunakan untuk mendeteksi ketinggian atau volume air pada pipa hidroponik [17]. Sensor DHT11 berperan dalam mengukur suhu dan kelembapan udara di lingkungan pertanian AISa [18]. Selanjutnya, sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman air pada kolam ikan dan sistem hidroponik [19], sedangkan sensor TDS berfungsi mengetahui kadar nutrisi air yang mengalir pada sistem AISa [20]. Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air kolam ikan [21], sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya pada berbagai kondisi lingkungan [22], dan sensor IR untuk membaca intensitas cahaya inframerah yang mengenai sistem pertanian AISa [23].

Pada bagian proses, ESP32 digunakan untuk membaca data analog dari sensor, mengonversinya menjadi data digital, lalu mengirimkan data tersebut ke Raspberry Pi melalui komunikasi serial. Sensor yang terhubung dengan ESP32 meliputi sensor pH, TDS, DS18B20, LDR, dan IR. ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang telah dilengkapi Wi-Fi, Bluetooth, dan pin GPIO untuk membaca data sensor analog maupun digital serta mengendalikan perangkat output [24]. Raspberry Pi berfungsi untuk membaca data dari kamera serta menerima keluaran digital dari sensor level air dan DHT11. Selain itu, Raspberry Pi digunakan sebagai pusat pengolahan data

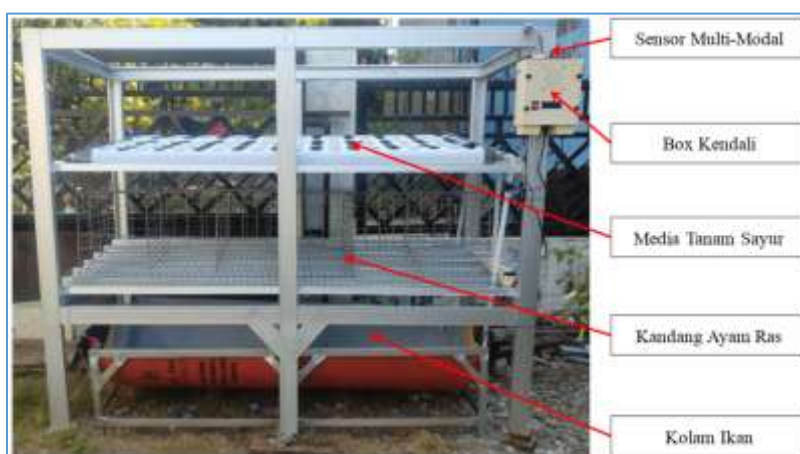
pada sistem kendali pertanian AISa. Raspberry Pi termasuk mikrokomputer dengan kemampuan komputasi seperti komputer dan memiliki pin GPIO yang dapat dimanfaatkan untuk membaca input sensor serta mengontrol perangkat keras output [25].

Pada penelitian ini, ESP32 dimanfaatkan karena memiliki kemampuan untuk mengonversi keluaran sensor berupa nilai analog menjadi data digital, sehingga data tersebut dapat lebih mudah diproses oleh Raspberry Pi secara *real-time*. Sementara itu, Raspberry Pi digunakan sebagai pusat pengolahan data karena memiliki kemampuan komputasi yang lebih tinggi dan dapat bekerja menyerupai komputer. Pengiriman data digital dari ESP32 ke Raspberry Pi dilakukan menggunakan sistem komunikasi serial. Secara umum, mikrokontroler dan mikrokomputer memiliki perbedaan mendasar, baik dari sisi kelebihan maupun keterbatasannya. Salah satu keunggulan mikrokontroler seperti ESP32 adalah tersedianya pin GPIO yang dapat membaca serta mengonversi data analog dari sensor menjadi data digital. Hal ini berbeda dengan Raspberry Pi sebagai mikrokomputer yang tidak memiliki pin GPIO bawaan untuk mengubah sinyal analog menjadi data digital. Namun, mikrokontroler juga memiliki keterbatasan, terutama dalam hal kemampuan pemrosesan data. ESP32 memiliki sumber daya perangkat keras yang lebih terbatas dan umumnya menjalankan program secara *single-processing*. Sebaliknya, Raspberry Pi mampu melakukan pemrosesan data secara *multi-processing* serta mengolah data dengan lebih cepat karena didukung oleh perangkat keras yang memiliki kemampuan komputasi layaknya komputer.

Selanjutnya pada bagian output arsitektur sistem terdapat relay yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan pompa air pertanian AISa secara otomatis dan manual pada saat akan menyuplai air ke tanaman atau sayur. Relay merupakan perangkat elektronik yang memiliki coil didalamnya dan berfungsi sebagai saklar elektronik pada saat mendapat pemicu tegangan listrik DC [26]. Kemudian pada output terdapat LCD 16x2 yang dapat menampilkan karakter tulisan sebanyak 16 karakter masing-masing pada baris bagian atas dan baris bagian bawah, dimana sistem kendali LCD ini dapat dilakukan secara kendali bit maupun i2c [27]. Pada penelitian ini, kami juga mendesain tipe data yang akan digunakan untuk pengembangan penelitian kedepannya, yaitu menghubungkan data sensor ke cloud agar dapat di monitoring menggunakan teknologi berbasis Internet of Things.

4 Hasil dan Pembahasan

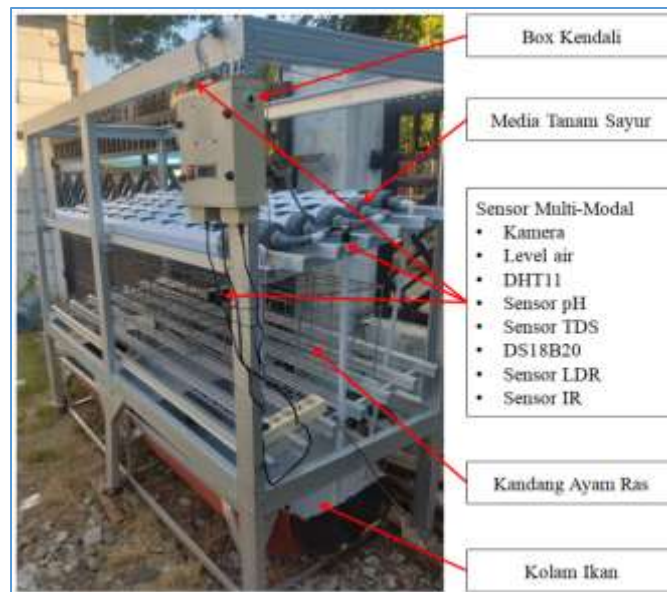
Penerapan sensor multi-modal pada sistem pertanian terpadu Ayam-Ikan-Sayur (AISa) menggunakan kendali kombinasi ESP32 dan Raspberry Pi telah di-implementasikan pada penelitian ini. Peneliti telah membangun sistem pertanian AISa dengan konsep penerapan pada lahan perumahan yang dapat di kembangkan pada sistem pertanian perkotaan. Gambar 3 berikut memperlihatkan hasil penelitian sistem pertanian terpadu AISa yang diterapkan pada pertanian perkotaan.



Gambar 3 Hasil perancangan sistem pertanian terpadu AISa tampak depan

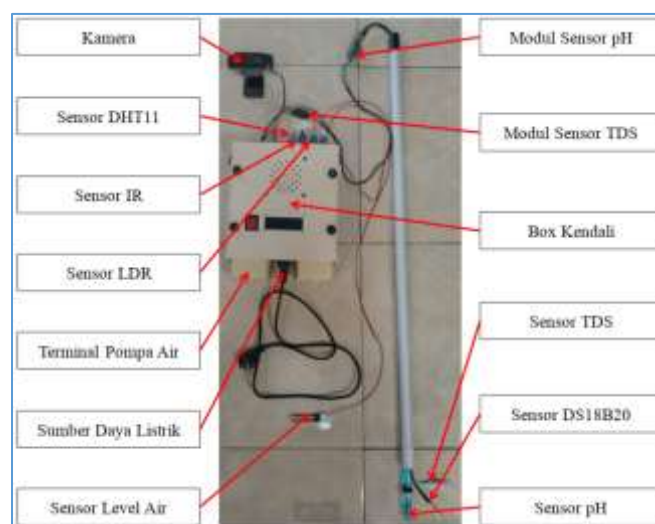
Berdasarkan informasi Gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa bagian yang saling terintegrasi pada sistem pertanian terpadu AISa sehingga sistem yang dibangun dapat diterapkan untuk pertanian modern perkotaan, diantaranya terdapat perangkat sensor multi-modal, box kendali untuk menghubungkan seluruh komponen elektronika dan kendali, media tanam sayur menggunakan

konsep hidroponik, kandang ayam ras petelur dengan sistem baterai, dan kolam ikan untuk memelihara ikan menggunakan konsep akuakultur. Selanjutnya, Gambar 4 berikut memperlihatkan hasil perancangan pertanian terpadu AISa tampak dari samping.



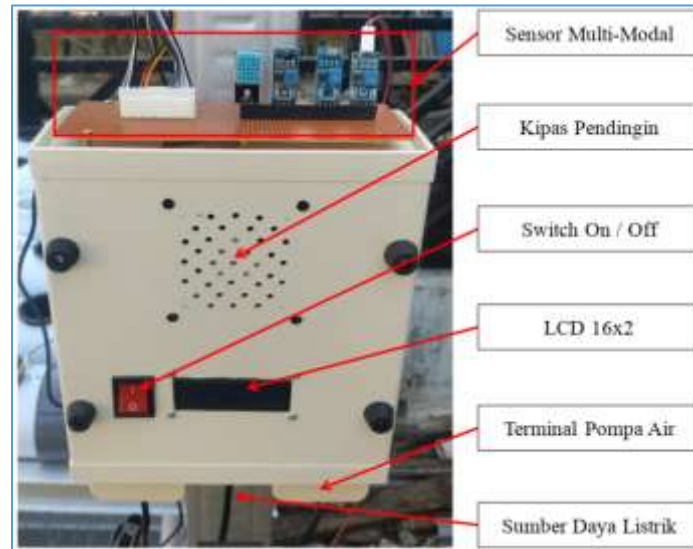
Gambar 4 Hasil perancangan sistem pertanian terpadu AISa tampak samping

Berdasarkan informasi yang ditampilkan pada Gambar 4, dapat diketahui secara rinci jenis sensor multi-modal yang digunakan dalam penelitian ini untuk memantau kondisi pertanian terpadu AISa. Sensor tersebut meliputi kamera yang berfungsi untuk memantau kondisi tanaman, ayam, dan kolam secara *real-time*. Sensor level air digunakan untuk mendeteksi ketinggian air pada media tanam hidroponik, sedangkan sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar area pertanian terpadu AISa. Selanjutnya, sensor pH digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman air pada kolam ikan dan sistem hidroponik. Sensor TDS berfungsi untuk mendeteksi kadar nutrisi air yang mengalir pada sistem hidroponik, sementara sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air pada kolam ikan. Sensor LDR dimanfaatkan untuk mendeteksi intensitas cahaya di sekitar area pertanian terpadu AISa pada berbagai kondisi waktu dan cuaca, seperti pagi, siang, sore, malam, maupun saat mendung. Adapun sensor IR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya inframerah yang dipancarkan oleh matahari. Daftar perangkat keras sensor multi-modal yang digunakan dalam penelitian ini secara lebih rinci ditampilkan pada Gambar 5.



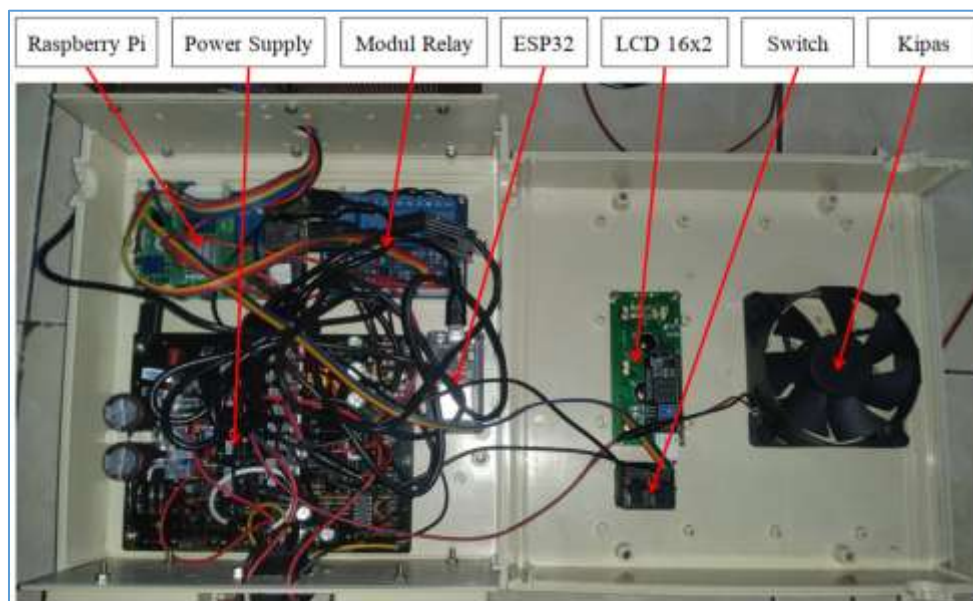
Gambar 5 Perangkat sensor multi-modal

Berdasarkan informasi Gambar 5 dapat dilihat bahwa seluruh komponen sensor multi-modal terhubung ke box kendali, dimana fungsi dari box kendali adalah tempat untuk menghubungkan seluruh perangkat keras sistem pada kendali pertanian terpadu AISa. Gambar 6 berikut memperlihatkan bagian box kendali tampak dari depan.



Gambar 6 Box kendali tampak depan

Pada box kendali tampak depan sesuai yang ditampilkan pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa bagian komponen yang saling terhubung pada box kendali, yaitu papan pcb matrix yang digunakan untuk menghubungkan seluruh komponen sensor multi-modal, lubang kipas angin untuk pendingin komponen dalam box, switch on/off sebagai saklar, LCD 16x2 untuk menampilkan pesan pada box kendali, kemudian pada bagian bawah box terdapat dua buah terminal yang digunakan untuk menyalakan pompa air, serta kabel yang berfungsi sebagai penghantar sumber daya listrik AC ke perangkat yang ada pada box kendali. Selanjutnya, Gambar 7 berikut memperlihatkan isi dari box terminal yang telah dirancang pada penelitian ini.



Gambar 7 Isi box kendali tampak dalam

Berdasarkan informasi dari Gambar 7 dapat dilihat beberapa komponen saling terhubung sehingga sistem kendali integrasi sensor multi-modal pada sistem pertanian terpadu dengan kombinasi ESP32 dan Raspberry Pi dapat diterapkan pada penelitian ini. Adapun fungsi ESP32 pada penelitian ini adalah untuk mengkonversi data analog sensor menjadi data digital, yaitu sensor pH, TDS, DS18B20, LDR, dan IR, yang selanjutnya mengirimkan data digital sensor ke Raspberry Pi untuk di proses. Kemudian fungsi dari Raspberry Pi pada sistem yang dibangun adalah untuk membaca input data gambar atau video yang ditangkap oleh kamera serta membaca data output digital dari sensor DHT11 dan level air. Pada penelitian ini, peneliti telah merancang output data dari sensor multi-modal yang kedepannya akan diterapkan pada sistem pertanian terpadu AISa berbasis Internet of Things. Tabel 1 berikut memperlihatkan desain tipe data yang akan digunakan untuk pengembangan penelitian kedepannya berbasis Internet of Things.

Tabel 1 Tipe data output sensor multi-modal

Sensor	Sinyal Output	Sistem Kendali	Data Sensor	Tipe Data
Kamera	Digital	Raspberry Pi	JPG / MP4	Image
Sensor Level Air	Digital	Raspberry Pi	0 / 1	Boolean
Sensor DHT11	Digital	Raspberry Pi	0 ~ 50	Float
Sensor pH	Analog	ESP32	0 ~ 14	Float
Sensor TDS	Analog	ESP32	0 ~ 1000	Float
Sensor DS18B20	Analog	ESP32	-55 ~ 125	Float
Sensor LDR	Analog	ESP32	0 ~ 1023	Float
Sensor IR	Analog	ESP32	0 ~ 1023	Float

Berdasarkan informasi Tabel 1 dapat dilihat bahwa setiap sensor yang terdapat pada sensor multi-modal terdapat karakteristiknya masing-masing, seperti kamera memiliki sinyal output digital dalam bentuk data gambar RGB, dimana pada sistem yang dibangun kamera terhubung Raspberry Pi dengan data sensor berupa gambar atau video, kemudian memiliki tipe data image. Kemudian pada sensor level air dan DHT11, sinyal output dari data sensor adalah data digital, dimana data sensor yang dimiliki oleh sensor level air adalah Boolean dan DHT11 adalah Float. Selanjutnya pada sensor pH, TDS, DS18B20, LDR, dan IR, sinyal output sensor yang dihasilkan adalah sinyal output analog yang dikendalikan oleh ESP32, kemudian mengkonversi data sinyal analog tersebut menjadi sinyal digital agar dapat di proses oleh Raspberry Pi sebagai komputasi pusat pengolahan data. Adapun data digital hasil konversi ESP32 yang masuk dan diproses oleh Raspberry Pi berupa tipe data Float yang mewakili satuan output dari setiap sensor yang digunakan pada penelitian.

Pada penelitian ini, peneliti telah mengujicoba keberhasilan perangkat sensor multi-modal dalam akurasi deteksi keadaan lingkungan berdasarkan sinyal output dan data sensor sehingga perangkat pertanian terpadu AISa dapat digunakan untuk memonitoring pertanian. Tabel 2 berikut memperlihatkan hasil dari ujicoba perangkat sensor multi-modal pertanian AISa dalam mendeteksi keadaan lingkungan berdasarkan fungsi sensor masing-masing sebanyak 10 kali percobaan.

Tabel 2 Hasil ujicoba perangkat sensor multi-modal terhadap pertanian AISa

Sensor	Data	Deteksi Sistem	Akurasi Deteksi (%)
Kamera	Image	Gambar	95
Sensor Level Air	Boolean	Ketinggian Air	98
Sensor DHT11	Float	Suhu dan Kelembapan	96
Sensor pH	Float	pH Air	95
Sensor TDS	Float	Nutrisi Air	96
Sensor DS18B20	Float	Suhu Air	97
Sensor LDR	Float	Cuaca	95
Sensor IR	Float	Infrared Matahari	96

Berdasarkan informasi Tabel 2 dapat dilihat bahwa perangkat sensor multi-modal yang digunakan pada pertanian AISa dapat berhasil digunakan untuk mendeteksi keadaan lingkungan pertanian sesuai dengan fungsi dari setiap sensor, yaitu kamera untuk mengambil informasi gambar pertanian AISa dengan rata-rata hingga 96%, dimana fungsi sensor level air untuk deteksi ketinggian

level air hidroponik, sensor DHT11 untuk deteksi suhu dan kelembapan udara, sensor TDS untuk deteksi nutrisi air, sensor DS18B20 untuk membaca suhu air kolam, sensor LDR untuk deteksi cuaca, dan sensor IR untuk deteksi intensitas cahaya matahari.

Pada penelitian ini, peneliti telah membangun integrasi Sensor Multi-Modal pada pertanian AISa untuk memonitoring keadaan kondisi pertanian rumah kaca dengan menggunakan perangkat kendali ESP32 dan Raspberry Pi. Namun dalam penerapannya, penelitian ini belum menerapkan isitem decision support yang terintegrasi dengan sistem informasi sehingga menjadi kelemahan dari sistem yang telah dibangun. Selain itu perlu adanya pengembangan infrastruktur dari penelitian dan perangkat pertanian AISa rumah kaca yang dibangun dapat saling terintegrasi dengan sistem berbasis Internet of Things dan Cloud Computing.

5 Kesimpulan

Penerapan integrasi sensor multi-modal pada sistem pertanian terpadu Ayam-Ikan-Sayur (AISa) berbasis kendali mikrokontroler ESP32 dan mikrokomputer Raspberry Pi telah diterapkan pada penelitian ini. Sensor multi-modal yang digunakan pada penelitian ini untuk memonitoring pertanian AISa meliputi kamera untuk monitoring kondisi pertanian AISa secara visual, sensor level air untuk mendeteksi ketinggian volume air pada bagian hidroponik, sensor DHT11 untuk membaca kondisi suhu dan kelembapan udara di sekitar pertanian AISa, sensor pH untuk membaca tingkat keasaman air kolam dan sayur, sensor TDS untuk membaca kondisi knutrisi pada air, sensor DS18B20 untuk membaca kondisi suhu air kolam, sensor LDR untuk membaca kondisi cahaya cuaca, dan sensir IR untuk membaca intensitas cahaya inframerah yang dipancarkan oleh matahari. Pada penelitian ini, peneliti telah berhasil memanfaatkan ESP32 sebagai perangkat kendali yang dapat merubah sinyal analog sensor menjadi sinyal digital, yang selanjutnya mengirimkan data digital sensor ke Raspberry Pi melalui komunikasi protokol serial. Selanjutnya pada Raspberry Pi berhasil membaca input sensor dalam bentuk digital, membaca data input sensor dari ESP32, dan berfungsi sebagai pusat pengolahan data kendali pertanian AISa. Hasil dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa output data yang dihasilkan dapat mendeteksi keadaan lingkungan pertanian AISa dengan tingkat akurasi hingga 96% dan akan menjadi desain untuk pengembangan penelitian kedepannya, yaitu menerapkan sistem kendali integrasi sensor multi-modal dengan ESP32 dan Raspberry Pi dapat diterapkan pada teknologi Internet of Things. Adapun saran untuk pengembangan penelitian kedepannya adalah menerapkan hasil kendali otomatis dengan sistem berbasis Internet of Things dan Cloud Computing agar dapat membantu petani saat monitoring dan kendali jarak jauh pertanian AISa menggunakan internet, serta mengembangkan sistem pertanian AISa menggunakan sistem berbasis pertanian rumah kaca.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (KEMENDIKTISAINTEK) atas kesempatan dan pendanaan penelitian Fundamental Tahun 2025 yang telah diberikan kepada kami sehingga dapat melaksanakan penelitian ini. Kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Handayani Makassar, masyarakat, serta semua stakeholder yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian yang kami usulkan dapat dilaksanakan sesuai dengan harapan.

Referensi

- [1] M.K. Hikam., U. Romadi., dan Sutoyo, "Persepsi Petani terhadap Sistem Pertanian Terpadu di Kecamatan Tugu Kabupaten Trenggalek," *Jurnal Penyuluhan Pembangunan*, Vol. 4, No. 2, pp. 78-86, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34145/jppm.v4i2.2712>.
- [2] S.H. Sahir., S.A. Salqaura., dan S.S. Salqaura, "Pelatihan dan Implementasi Sistem Pertanian Terpadu Guna Maksimalisasi Hasil Tani Kelompok Lembur Ayu Farm," *JPM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Vol. 5, No. 2, pp. 80-85, 2024. DOI: [10.47065/jpm.v5i2.2133](https://doi.org/10.47065/jpm.v5i2.2133).
- [3] R.D. Yulianto., A.A. Muayyadi., dan N. Armi, "Perancangan *Back-End Website* pada Sistem Pertanian Terpadu Skala Mikro berbasis IoT," *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 11, No. 4, pp. 2610-2613, 2024.

- [4] J. Lainawa., T.F.D. Lumy., dan E.K.M.Endoh, “Sistem Pertanian Terpadu Tanaman-Ternak dan Ikan dengan Sistem *LEISA* di Kabupaten Minahasa Utara.,” Prosiding Seminar Nasional Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi, Vol. 1, pp. 214-230, 2024.
- [5] N. Herawati., A. Kusumawati., dan D. Bekam, “Efektivitas Penggunaan Sistem Pertanian Terpadu dalam meningkatkan Kesejahteraan dan Kemajuan Ekonomi di Pedesaan,” *Journal of Top Agriculture (Top Journal)*, Vol. 2, No. 2, pp. 87-92, 2024. DOI: 10.56854/jta.v2i2.189.
- [6] Syair., R. Aka., Yusnaini., A. Rahman., M.Taufik., dan Asniah, “Pusat Pengembangan Sistem Pertanian Terpadu Tanaman Ternak dan Ikan di Desa Wambarena, Poleang Utara, Bombana,” *J.K P.(Jurnal Karya Pengabdian)*, Vol. 3, No. 1, pp. 7-13, 2021. DOI: 10.29303/jkp.v3i1.79. 22.
- [7] C.M. Prabowo., dan M.S. Pradana, “Penerapan Sistem Pertanian Terpadu untuk mensejahterakan Petani Desa,” *Jurnal Bakti Kita*, Vol. 3, No. 2, pp. 13-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52166/baktikita.v3i2.3540>.
- [8] S. E. Warintan., B. Wahyuni., dan F.H. Listyorini, “Sistem Pertanian Terpadu dengan Sistem Kandang *Paddock* untuk meningkatkan Pendapatan,” *DINAMISA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol. 4, No. 1, pp. 133-139, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v4i1.3735>.
- [9] L. Sidauruk., E. Panjaitan., P. Sihombing., I. Sitepu., dan B.E.L. Tobing, “Penerapan Pertanian Terpadu di Daerah Pesisir Desa Paluh Subur Kecamatan Hamparan Perak Sumatera Utara,” *Reswara: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol. 6, No. 1, pp. 21-30, 2025. DOI: <https://doi.org/10.46576/rjpkm.v6i1.4279>.
- [10] S. Maisarah., M. Khairunna., M.R. Meidi., D. Yustendi., dan Khumaira, “Sistem Pertanian Terpadu: Pengolahan Limbah Kotoran Hewan menjadi Kompos sebagai Bagian dari Menjaga Lingkungan di Desa Lubok Batee,” *BAKTIMAS*, Vol. 5, No. 4, pp. 469-479, 2023. DOI: <https://doi.org/10.32672/btm.v5i4.7163>.
- [11] I. Padang., A.K. Pongtulan., Y.S. Pongbura, “Pendampingan Masyarakat dalam Pemanfaatan Pekarangan dengan Sistem Pertanian Terpadu Agropastura di Lembang Belau Utara,” *Community Development Journal*, Vol. 5, No. 6, pp. 11772-11778, 2024. DOI: <https://doi.org/10.31004/cdj.v5i6.38594>.
- [12] H.S. Wibowo., R. Indriani., dan E. Adam, “Prospek Pengembangan Sistem Pertanian Terpadu Tanaman Padi Sawah dengan Ternak Sapi di Kecamatan Wonosari Kabupaten Boalemo,” *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, Vol. 10, No. 2, pp. 2319-2327, 2024. DOI:<http://dx.doi.org/10.25157/ma.v10i2.14165>.
- [13] L. Siswati., E. Insusanty., Nengsusi., A. Arianto., dan Z. Pranata, “Pendapatan Pertanian Terpadu Kelapa Sawit dengan Ternak Sapi di Kampung Delima Jaya Kecamatan Kerinci Kanan Kabupaten Siak,” *Jurnal Peternakan*, Vol. 20, No. 1, pp. 32-41, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v20i1:19238>.
- [14] M. Suproni., dan D. Suheimi, “Sistem Pertanian Terpadu Tanaman Padi dan Bebek Petelur,” *Jurnal Kommunity Online*, Vol. 3, No. 2, pp. 219-230, 2022. DOI: 10.15408/jko.v2i2.29287.
- [15] S. Jura., A. Jalil., H.I. Jusman., M. Firman, “Integrasi Sensor Multi-Modal pada Ikat Pinggang *Smart* sebagai Perlindungan Penculikan Anak,” *ELKOMIKA*, Vol 12, No. 2, pp. 321-334, 2024. DOI: 10.26760/elkomika.v12i2.321.
- [16] Khumaidi, Agus. (2022). Sistem *Tracking* Posisi Kamera menggunakan Pengolahan Citra untuk Pemusatan Posisi Pengambilan Video di *Automation Academy*. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*. 9. 103-108. 10.21107/triac.v9i2.16021.
- [17] Tanjung, Ferdian & Taali, Taali & Husnaini, Irma & Candra, Oriza. (2023). Rancang Bangun Alat Pengukuran dan Monitoring Ketinggian Air pada Bendungan berbasis Internet of Things. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*. 4. 245-255. 10.24036/jtein.v4i1.346.
- [18] Nugroho, Adam & Wibowo, Adi & Triraharjo, Bambang. (2024). Pendeteksi Suhu dan Kelembaban Ruangan menggunakan Sensor DHT11 berbasis *Web Server*. *Sienna*. 5. 153-164. 10.47637/sienna.v5i2.1644.
- [19] Hariyadi, Hariyadi & Kamil, Mahyessie & Ananda, Putri. (2020). Sistem Pengecekan Ph Air Otomatis menggunakan Sensor *Ph Probe* berbasis *Arduino* pada Sumur Bor. *Rang Teknik Journal*. 3. 340-346. 10.31869/rtj.v3i2.1930.

- [20] L.J. Satrianata., E. Setiawan., A.I. Juniani., dan A.T. Nugraha, "Implementasi Sistem Filtrasi Air Alami Terintegrasi Sensor TDS dan ESP32 untuk Pemenuhan Baku Air Kelas," *Jurnal Elkolind*, Vol. 11, No. 3, pp. 690-699, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v11i3.6157>.
- [21] Ibrahim, Ferdy & Syifa, Fikra & Pujiharsono, Herryawan. (2023). Penerapan Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH sebagai Otomatisasi Pakan Ikan berbasis IoT. *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*. 5. 63-73. 10.20895/jtece.v5i2.844.
- [22] R.E. Adinagoro., R.A.A. Putra., R.B. Pamungkas., S.Y.P. Risky., dan R. Susanto, "Implementasi *Light Dependent Resistor (LDR)* pada Simulasi Permainan Gobak Sodor," *URANUS: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, Vol. 2, No. 3, pp. 27-37, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61132/uranus.v2i3.197>.
- [23] Inayah, Inayatul. (2021). Analisis Akurasi Sistem Sensor *IR MLX90614* dan Sensor *Ultrasonik* berbasis *Arduino* terhadap Termometer Standar. *Jurnal Fisika UNAND*. 10. 428-434. 10.25077/jfu.10.4.428-434.2021.
- [24] Arrahma, Salsabila & Mukhaiyar, Riki. (2023). Pengujian *Esp32-Cam* berbasis *Mikrokontroler ESP32*. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*. 4. 60-66. 10.24036/jtein.v4i1.347.
- [25] Masnur, Masnur & Marlina, Marlina. (2022). Sistem Pengendali Energi Listrik menggunakan *Raspberry Pi* pada *Smart Building* Kampus. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*. 3. 10.47065/bits.v3i4.1414.
- [26] Akbar, Muhammad & Yahya, Muhammad & Shaddiq, Syahrial. (2025). Relay pada Dinamika dan Stabilitas Sistem Tenaga Listrik yang Berkelanjutan. *JETI (Jurnal Elektro dan Teknologi Informasi)*.
- [27] Rahmadani, Fahri & Suhada, Suhada. (2021). Sistem *Mikrokontroler* untuk menentukan Kualitas Air yang dapat di gunakan oleh Konsumen dengan menggunakan *Arduino*. *Journal of Information Sistem Research (JOSH)*. 2. 254-259. 10.47065/josh.v2i4.785.