

Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Ketinggian Air Dengan Pendekatan Budaya Subak Bali

Dika Setyawan^{1*}, Besarajanu Aryanto², Muhammad Faza Wildani³, Muhammad Faruq Ghullam Al Khoiri⁴, Rudi Susanto⁵

¹Teknik Informatika
Univeritas Duta Bangsa
^{1*}Bukanka34@gmail.com

²Teknik Informatika
Universitas Duta Bangsa
²besarajanu@gmail.com

³Teknik Informatika
Universitas Duta bangsa
³m36437602@gmail.com

⁴Teknik Informatika
Universitas Duta bangsa
⁴faruqbusiness07@gmail.com

⁵Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta bangsa
⁵Rudi_susanto@udb.ac.id

Abstrak— Subak merupakan sistem irigasi tradisional masyarakat Bali yang diwariskan secara turun-temurun dengan filosofi Tri Hita Karana, yang menekankan keharmonisan antara manusia, alam, dan spiritualitas. Namun, perkembangan zaman menuntut adanya efisiensi penggunaan air irigasi yang lebih modern tanpa menghilangkan nilai budaya. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem irigasi otomatis berbasis sensor ketinggian air dengan pendekatan Subak Bali. Sistem menggunakan dua sensor ketinggian air untuk mendeteksi level air pada saluran irigasi, serta tiga servo motor untuk mengatur buka tutup pintu air pada konfigurasi tangki berbentuk huruf T. Metode yang diterapkan meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan logika kontrol, dan pengujian fungsi secara langsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membuka atau menutup pintu air secara otomatis sesuai dengan level air yang terdeteksi, sehingga mendukung efisiensi distribusi air dan membantu petani Subak dalam pengelolaan irigasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi modern yang selaras dengan pelestarian budaya Subak Bali.

Kata Kunci: Subak Bali, Irigasi Otomatis, Sensor Ketinggian Air, Motor Servo, IoT.

Abstract— The Tri Hita Karana ideology, which stresses harmony between people, nature, and spirituality, is the foundation of the traditional Balinese irrigation system known as Subak, which has been passed down from generation to generation. Modern irrigation water use efficiency is necessary, nonetheless, without sacrificing cultural values. The purpose of this project is to use the Balinese Subak system to design and construct an autonomous irrigation system based on a water level sensor. In order to support water distribution efficiency and assist Subak farmers with irrigation management, the system uses three servo motors to control the opening and closing of the floodgates in the canal configuration in accordance with the detected water level, in addition to two water level sensors to measure the water level in the rice fields. This research is expected to be a modern solution that is in line with the preservation of Balinese Subak culture.

Keywords: Subak Bali, Automatic Irrigation, Water Level Sensor, Servo Motor, IoT.

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara agraris terbesar yang memiliki peran sebagai sumber penhasilan dan sumber pangan yang melimpah [1]. Sumber daya air adalah sumber daya alam yang diperlukan oleh Sebagian besar sektor pembangunan seperti industri, pertanian, peternakan [2]. Sumber daya air sangat penting terutama untuk sektor Pertanian. Perlu dilakukan pengaturan untuk mengontrol sistem irigasi yang bisa mengoptimalkan pemanfaatan pasokan air [1][3]. Di Bali mempunyai budaya sistem irigasi yang disebut subak. Subak merupakan sistem pengelolaan irigasi tradisional yang telah diwariskan secara turun-temurun oleh masyarakat Bali sejak abad ke-9. Lebih dari sekadar sistem teknis pertanian, Subak mencerminkan filosofi hidup masyarakat Bali yang harmonis dengan alam, manusia, dan spiritualitas, yang dikenal sebagai *Tri Hita Karana*. Konsep Tri Hita Karana ini menekankan tiga hubungan utama, yaitu hubungan manusia dengan Tuhan (Parahyangan), hubungan manusia dengan sesama (Pawongan), dan hubungan manusia dengan alam (Palemahan). Melalui Subak, para petani Bali tidak hanya mengatur pembagian air untuk sawah secara adil, tetapi juga menjaga nilai-nilai sosial, budaya, dan keagamaan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam era modern yang serba cepat dan individualistik, keberadaan Subak menjadi contoh nyata bagaimana tradisi lokal mampu bertahan dan memberikan kontribusi penting bagi keberlanjutan lingkungan dan sosial masyarakat. Artikel ini akan membahas lebih dalam mengenai budaya Subak, nilai-nilai yang dikandungnya, serta tantangan yang dihadapinya di tengah perkembangan zaman. menurut Perda Provinsi Bali No. 9 tahun 2012, subak adalah sebuah organisasi tradisional yang ada di Bali yang berguna untuk mengatur tata guna air dan tata tanaman di tingkat usaha pertanian pada masyarakat adat Bali yang mempunyai bersifat sosioagraris, religius, dan ekonomis yang terus tumbuh dan berkembang secara historis [4][5]. Dengan kemajuan teknologi, inovasi untuk efisiensi air dibidang

pertanian semakin banyak. Sistem pengairan otomatis menjadi salah satu inovasi dalam efisiensi penggunaan air, yaitu Sistem pengairan otomatis berbasis mikrokontrol ESP32 dengan tetap mempertahankan budaya subak [3][4]. ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang cukup populer untuk pengolahan data dan konektivitas Wi-Fi [3][6]. Sistem pengairan otomatis ini menggunakan sensor ketinggian air untuk mendeteksi air dalam sawah. Data pada sensor dikirim ke ESP32 dan diproses yang kemudian mengaktifkan servo motor jika air dalam sawah berada di bawah level yang ditentukan [6][7]. Sistem ini bekerja secara mandiri tanpa menggunakan aplikasi monitoring, sehingga pengaturan dan pengendalian dilakukan langsung melalui perangkat keras yang telah diprogram sesuai kebutuhan, Dengan penerapan teknologi ini, pengairan tanaman menjadi lebih efisien, menghemat penggunaan air, dan mengurangi kebutuhan tenaga manusia dalam penyiraman manual [3][6][7]. Pengembangan sistem pengairan otomatis berbasis ESP32 juga bisa digunakan dengan berbagai sensor tambahan dan teknologi IoT untuk meningkatkan hasil akurasi yang presisi dan fungsi yang lebih efisien, seperti sensor kelembapan tanah, dan sensor suhu untuk irigasi otomatis yang lebih kompleks. Hal ini sangat bermanfaat terutama dalam pengelolaan perkebunan dan pertanian modern yang menuntut efisiensi tinggi dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan [3]. Selain itu, penelitian sejenis dilakukan oleh Putra et al. [8] yang mengembangkan sistem irigasi otomatis dengan integrasi sensor kelembapan tanah. Penelitian lain oleh Nurcahyo et al. [9] juga memanfaatkan teknologi IoT untuk memonitor kondisi irigasi secara real-time, mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Metode-metode tersebut relevan untuk mendukung pengembangan sistem Subak modern.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengujian prototipe skala

kecil sistem irigasi otomatis, dengan lingkup pengujian terbatas pada simulasi area sawah mini. Sistem pengairan otomatis ini memanfaatkan sensor ketinggian air untuk mendeteksi kebutuhan air tanaman. Data sensor tersebut diproses oleh ESP32 yang kemudian mengaktifkan pompa air melalui modul relay jika air dalam tangki berada di bawah level yang ditentukan. Sistem ini bekerja secara mandiri tanpa menggunakan aplikasi monitoring, sehingga pengaturan dan pengendalian dilakukan langsung melalui perangkat keras yang telah diprogram sesuai kebutuhan. Dengan penerapan teknologi ini, pengairan tanaman menjadi lebih efisien, menghemat penggunaan air, dan mengurangi kebutuhan tenaga manusia dalam penyiraman manual[3][6][7]. Pengembangan sistem pengairan otomatis berbasis ESP32 juga dapat diintegrasikan dengan berbagai sensor tambahan dan teknologi IoT untuk meningkatkan akurasi dan fungsi, seperti sensor kelembapan tanah, dan sensor suhu untuk irigasi yang lebih presisi. Hal ini sangat bermanfaat terutama dalam pengelolaan perkebunan dan pertanian modern yang menuntut efisiensi tinggi dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan[3]. Sistem yang dikembangkan masih berupa prototipe uji coba berskala laboratorium dengan simulasi kondisi sawah nyata, sehingga temuan ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem skala lapangan di masa mendatang.

- 1) Desain Perangkat Keras, Pada tahap ini dilakukan perancangan komponen fisik sistem irigasi otomatis dengan menyesuaikan kebutuhan utama. Rangkaian meliputi sensor ketinggian air, mikrokontroler ESP32 sebagai otak pengendali, dan tiga unit servo motor untuk mengoperasikan gerbang air sesuai data sensor.
- 2) Uji Coba dan Perbaikan, Tahap terakhir adalah pengujian sistem untuk memastikan semua fungsi berjalan sesuai rancangan. Jika terdapat hasil yang tidak sesuai, dilakukan penelusuran kesalahan dan

perbaikan pada rangkaian maupun program hingga sistem berfungsi secara optimal.

A. Analisis Sistem

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap sistem irigasi Subak tradisional, pola pembagian air, serta prinsip kerja pintu air yang digunakan oleh petani. Analisis ini bertujuan untuk memahami kebutuhan fungsional sistem otomatis yang tetap selaras dengan kearifan lokal Subak Bali sehingga kebutuhan fungsional sistem dapat terdefinisi dengan jelas. Penelitian Supriyanto dan Wibawa [8] membuktikan efektivitas sistem monitoring irigasi sawah berbasis IoT yang mendukung akurasi kontrol buka-tutup pintu air. Sistem irigasi otomatis dengan pendekatan ESP32 juga telah dikembangkan pada skenario greenhouse [9] maupun saluran irigasi sekunder [10], sehingga mendukung validitas rancangan prototipe sawah Subak ini. Berikut disajikan komponen yang terdiri dari sensor ketinggian air, mikrokontroler ESP32, serta motor servo yang terhubung membentuk satu sistem kendali.

a) Diagram Komponen

Component Diagram, merupakan diagram yang menampilkan komponen dalam sistem dan hubungan antara komponen tersebut.



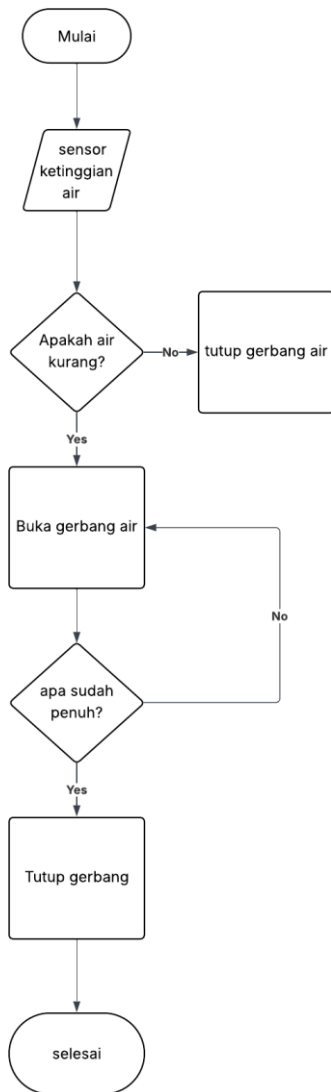
Gambar 1. Diagram Komponen

Sedangkan Penjelasan dan fungsi dari masing-masing bagan adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor ketinggian air berfungsi sebagai pendeteksi apa bila air sudah cukup
- 2) Servo motor berfungsi untuk membuka dan menutup gerbang air
- 3) Esp32 berfungsi sebagai berfungsi sebagai mikrokontroler pusat kendali input-output dari keseluruhan sistem

Hasil pengujian sistem irigasi otomatis menunjukkan bahwa sensor ketinggian air dapat mendeteksi level air dengan akurasi yang stabil pada rentang 10–50 cm. Sensor pertama berfungsi mendeteksi level maksimum, sedangkan sensor kedua mendeteksi level minimum.

b) flowchart



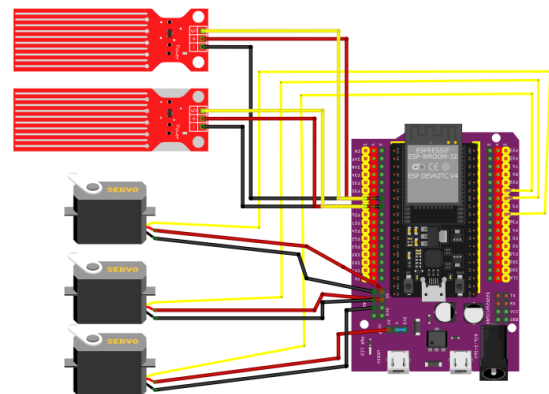
Gambar 2. flowchart

Untuk memperjelas alur kerja sistem, pada Gambar 2 ditampilkan flowchart perancangan yang menggambarkan logika kerja sensor ketinggian air, kontrol ESP32, dan pengoperasian servo motor pembuka gerbang air.

Servo motor yang dipasang pada gerbang saluran irigasi berhasil merespons sinyal

kontrol dari mikrokontroler ESP32 sesuai logika yang telah diprogram. Pada kondisi air di bawah batas minimum, servo motor membuka pintu air secara otomatis untuk mengisi saluran irigasi. Sebaliknya, saat level air mencapai batas maksimum, servo motor menutup pintu air untuk mencegah pemborosan air. Konfigurasi pin pada setiap komponen diatur sebagai keluaran (output) dan masukan (input) agar sesuai dengan program yang dibuat menggunakan aplikasi arduino IDE. Selain itu, desain perkabelan disajikan pada Gambar 3 untuk menunjukkan hubungan antara sensor, mikrokontroler ESP32, motor servo, serta catu daya sistem agar rangkaian dapat dipahami secara detail.

c) Design Pengkabelan



Gambar 3. Design Pengkabelan

Konfigurasi pin pada esp32 diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Implementasi Perangkat Keras

Pin esp32	komponen
VCC	Sensor ketinggian air 3.3V, Servo 5V
GND	Sensor ketinggian air, Servo
GPIO	Sensor ketinggian air, Servo

d) Analisis Masalah

Analisis masalah dilakukan untuk mengidentifikasi kendala yang sering dihadapi dalam pengelolaan air pada sistem Subak,

seperti pemborosan air, pembagian air yang kurang merata, serta keterbatasan tenaga kerja. Masalah tersebut menjadi dasar dalam perancangan solusi berbasis teknologi.

e) Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan mencakup daftar komponen dan perhitungan kapasitas. Komponen utama yang diperlukan:

- 1) sensor ketinggian air
- 2) motor servo sebagai penggerak
- 3) mikrokontroler esp32
- 4) expansion board 38pin esp32
- 5) Kabel jumper, breadboard atau PCB, konektor, dan sumber daya

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah rangkaian dihubungkan sesuai konfigurasi pin, dilakukan proses inialisasi komponen melalui program. Inialisasi ini bertujuan untuk menyelaraskan kecepatan komunikasi antara pengirim dan penerima, serta mendefinisikan pin yang akan berfungsi sebagai input (masukan) dan output (keluaran). Hasil perakitan rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 4, yang menggambarkan saluran irigasi miniatur, modul ESP32, sensor, dan servo motor dalam satu kesatuan sistem.



Gambar 4. Miniatur Irigasi Otomatis dengan Servo Motor dan Sensor

Prototipe ini menampilkan saluran irigasi miniatur di dalam wadah akrilik, diisi kerikil akuarium halus sebagai simulasi tanah. Di atasnya, modul ESP32 yang dilindungi atap karton mengendalikan tiga servo motor biru, dua untuk saluran sekunder dan satu untuk pintu utama. Saat sensor ketinggian air mendeteksi level tertentu, ESP32 secara otomatis menggerakkan servo untuk membuka atau menutup pintu air, mencontoh mekanisme pembagian aliran Subak tradisional dalam skala kecil. Script program final memuat keseluruhan logika sistem, mulai dari inialisasi komponen, konfigurasi pin, hingga implementasi logika kendali agar sensor dan aktuator bekerja sesuai fungsi. Umumnya diawali dengan deklarasi library dan variabel, diikuti setup komunikasi dan pengaturan pin, lalu bagian loop berisi pembacaan sensor dan pengendalian aktuator.

Berikut potongan script program:

```
#include <ESP32Servo.h>
const int sensor1Pin = 32; // Tangki
1
const int sensor2Pin = 33; // Tangki
2
```

```

const int servoUtamaPin = 19;
const int servoTangkilPin = 17;
const int servoTangki2Pin = 18;

Servo servoUtama;
Servo servoTangkil;
Servo servoTangki2;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  pinMode(sensor1Pin, INPUT);
  pinMode(sensor2Pin, INPUT);

  servoUtama.attach(servoUtamaPin);
  servoTangkil.attach(servoTangkilPin);
  servoTangki2.attach(servoTangki2Pin);

  tutupSemua();
  Serial.println("Sistem pengisian air
dimulai...");
}

void loop() {
  int nilaiAir1 =
  analogRead(sensor1Pin); // Tangki 1
  int nilaiAir2 =
  analogRead(sensor2Pin); // Tangki 2

  Serial.print("Sensor Tangki 1: ");
  Serial.print(nilaiAir1);
  Serial.print(" | Sensor Tangki 2: ");
  Serial.println(nilaiAir2);

  bool tangkilKering = nilaiAir1 < 700;
  bool tangkilPenuh = nilaiAir1 > 700;

  bool tangki2Kering = nilaiAir2 < 700;
  bool tangki2Penuh = nilaiAir2 > 700;

  // LOGIKA
  if (tangkilKering && tangki2Kering) {
    Serial.println(">> Kedua tangki
kering. Buka gerbang utama dan
tangki 1");
    bukaGerbangUtama();
    bukaGerbangTangkil();
    tutupGerbangTangki2();
  }
  else if (!tangkilPenuh &&
!tangki2Kering) {
    Serial.println(">> Isi tangki 1
dulu");
    bukaGerbangTangkil();
    tutupGerbangTangki2();
    bukaGerbangUtama();
  }
  else if (tangkilPenuh &&
tangki2Kering) {
    Serial.println(">> Tangki 1 penuh,
lanjut isi tangki 2");
    tutupGerbangTangkil();
    bukaGerbangTangki2();
    bukaGerbangUtama();
  }
  else if (tangkilPenuh &&
tangki2Penuh) {
    Serial.println(">> Kedua tangki
penuh. Tutup semua gerbang");
    tutupSemua();
  }

  delay(500);
}

void bukaGerbangUtama() {
  servoUtama.write(0); // Ubah sesuai
arah buka
}

void tutupGerbangUtama() {
  servoUtama.write(180); // Ubah sesuai
arah tutup
}

void bukaGerbangTangkil() {
  servoTangkil.write(0);
}

void tutupGerbangTangkil() {
  servoTangkil.write(180);
}

void bukaGerbangTangki2() {
  servoTangki2.write(0);
}

void tutupGerbangTangki2() {
  servoTangki2.write(180);
}

void tutupSemua() {
  tutupGerbangUtama();
  tutupGerbangTangkil();
  tutupGerbangTangki2();
}

```

Dalam penelitian ini, digunakan sensor level air berbasis analog yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 melalui pin ADC (Analog to Digital Converter). Nilai pembacaan sensor berupa sinyal analog dengan rentang 0–3.3V yang dikonversi oleh ADC 12-bit ESP32 menjadi nilai digital antara

0 hingga 4095. Penentuan batas nilai 700 sebagai ambang untuk mendeteksi kondisi "kering" dan "penuh" pada tangki dilakukan berdasarkan proses kalibrasi empiris. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengisi tangki pada beberapa level air (kosong, setengah, dan penuh), kemudian mencatat nilai ADC yang dibaca oleh ESP32 dari masing-masing kondisi tersebut.

Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa:

- Saat sawah kosong, nilai ADC berada di kisaran 400–600
- Saat sawah penuh, nilai ADC mencapai 800–1000

Berdasarkan data tersebut, dipilih nilai 700 sebagai nilai ambang batas (threshold) untuk memisahkan kondisi tangki kering dan penuh. Nilai ini dianggap representatif untuk membedakan antara dua kondisi ekstrem tersebut secara praktis dan stabil. Secara teknis, nilai ini tidak berasal dari teori matematis atau fisika tertentu, melainkan dari hasil observasi langsung terhadap respons sensor dalam kondisi nyata, sehingga metode ini disebut kalibrasi eksperimental. Hal ini juga sejalan dengan pendekatan engineering trial-and-error, yang umum dilakukan dalam sistem berbasis sensor analog. Pada tahap pengujian, dilakukan pengujian sistem secara menyeluruh yang mencakup pengujian sensor ketinggian air serta mekanisme buka-tutup gerbang air melalui servo motor. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui Serial Monitor untuk dievaluasi, guna memastikan bahwa sistem irigasi otomatis berfungsi sesuai dengan prinsip dan nilai-nilai budaya Subak yang diterapkan.



Gambar 5. Pengkondisian air rendah, air tinggi



Gambar 6. Pengkondisian air rendah, air tinggi

Tabel 2. Logika Gerbang

Ketinggian Air	Gerbang Air
Air kering	Gerbang pengairan akan membuka secara otomatis apabila ketinggian air di tangki terdeteksi rendah, menandakan sawah dalam kondisi kering.
Air penuh	Gerbang akan menutup ketika sensor mendeteksi ketinggian air telah mencapai batas maksimum yang ditetapkan.

Pada Gambar 6 ditunjukkan kondisi sawah dalam keadaan basah. Pada kondisi ini, gerbang air tetap tertutup sehingga aliran air ke petakan sawah tidak dibuka. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem pengairan otomatis di lahan sawah dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu membuka dan menutup gerbang air secara otomatis berdasarkan tingkat kelembaban tanah dan ketinggian air di tangki. Pengujian ini

membuktikan bahwa ESP32 dapat memproses data dari sensor kelembaban tanah dan sensor ketinggian air dengan baik. Logika kerja sistem adalah: jika ketinggian air di tangki berada di bawah batas minimum 3 cm, maka gerbang air akan terbuka agar air dapat masuk hingga ketinggian air mencapai batas maksimum 10 cm. Sebaliknya, jika ketinggian air sudah cukup dan kondisi tanah basah atau sangat basah, maka gerbang air akan tetap tertutup.

Tabel 3. Ambang Ketinggian Air dan Kategorinya

RAW	Ketinggian Air	
	Persen	Kategori
1900	100%	Tinggi
800	40%	Sedang
100	10%	Rendah

Hasil pengujian Ketinggian air menggunakan water level sensor disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Ketinggian air menggunakan water level sensor

No	Ketinggian Air					
	Rendah		sedang		Tinggi	
	raw	(%)	raw	(%)	raw	(%)
1	190	10	900	47	1500	78
2	100	5	700	36	1700	97
3	200	11	800	42	1900	100

IV. KESIMPULAN

Sistem irigasi otomatis yang dikembangkan berfungsi sesuai dengan tujuan studi, berdasarkan hasil desain dan pengujian yang dilakukan. Dengan bantuan dua sensor, sistem prototipe ini dapat mendeteksi tingkat air dan secara otomatis mengoperasikan tiga motor servo untuk membuka dan menutup pintu air pada saluran irigasi. Distribusi air yang lebih efektif dimungkinkan berkat penggunaan logika kontrol mikrokontroler ESP32, yang merespons secara tepat terhadap perubahan tingkat air. Kinerja prototipe ini menunjukkan bahwa teknologi sensor dasar dapat diintegrasikan ke dalam konsep Subak untuk menyediakan manajemen irigasi yang lebih modern sambil mempertahankan nilai-nilai tradisional. Hasil ini diharapkan menjadi langkah awal dalam mengembangkan sistem

serupa skala besar, dengan penyesuaian komponen dan metode yang disesuaikan dengan kondisi lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan selama proses penyusunan laporan ini. Ucapan terima kasih khusus kami sampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, serta motivasi, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Kami juga berterima kasih kepada keluarga, teman-teman, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala doa, semangat, dan dukungannya. Kami berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang sistem irigasi dan pelestarian budaya Subak.

REFERENSI

- [1] D. Setiadi dan M. N. A. Muhaemin, "Penerapan Internet of Things (IoT) pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi)," *Jurnal Infotronik*, vol. 3, no. 2, pp. 95–97, Dec. 2018.
- [2] N. L. M. Pradnyawathi dan G. M. Adnyana, "Pengelolaan Air Irigasi Sistem Subak," *dwijenAGRO*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, Jun. 2017.
- [3] J. Kuswanto, R. D. Pratama, dan M. Syafrizal, "Rancangan Teknologi IoT Berbasis ESP32 dalam Mengoptimalkan Sistem Irigasi Cerdas di Perkebunan Salak Pondoh," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 14, no. 1, pp. 230–243, Jan. 2025.
- [4] I. M. M. Supriawan, I. W. Tika, dan I. M. A. S. Wijaya, "Penerapan Koefisien Pemias Untuk Redesain Bangunan Tembuku Pengalapan pada Jaringan Irigasi Subak (Studi Kasus di Kabupaten Tabanan Provinsi Bali)," *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, vol. 6, no. 1, pp. 41–45, Mar. 2018.
- [5] N. L. P. E. Mertaningrum, W. Windia, dan R. K. Dewi, "Pengembangan Agrowisata Berlandaskan Konsep Tri Hita Karana di Subak Uma Lambing, Kecamatan Abiansemal, Kabupaten Badung," *Jurnal Manajemen Agribisnis*, vol. 7, no. 1, pp. 57–63, Mei 2019.
- [6] R. Jalaludin dan D. Laksmiati, "Perancangan Sistem Kendali Irigasi Otomatis dan Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Sensor PIR," *Jurnal Ilmiah TELSINAS*, vol. 6, no. 2, pp. 122–124, Sep. 2023.
- [7] I. P. L. Dharma, S. Tansa, dan I. Z. Nasibu, "Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM8001 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik*, vol. 17, no. 1, pp. 40–44, Jun. 2019.
- [8] [8] Supriyanto dan E. S. Wibawa, "Sistem Monitoring dan Kontroling Irigasi Sawah Menggunakan Microcontroller Wemos D1 Berbasis Internet of Things," *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, vol. 13, no. 2, pp. 87–93, Des. 2020.
- [9] W. Wahyudi, A. I. Pradana, dan H. Permatasari, "Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian

Greenhouse,” Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia, vol. 5, no. 2, pp. 435–446, Feb. 2025, doi:10.52436/1.jpti.656.

- [10] [10] R. Pramudya dan D. Laksmiati, “Perancangan Sistem Kendali Irigasi Saluran Sekunder dan Otomatisasi Pengumpulan Sampah pada Aliran Air Sawah Menggunakan ESP32,” Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, vol. 11, no. 1, pp. 153–161, 2023.
- [11] D. Das, "How Water Level Sensor Works and how to Interface it with Arduino?", Circuit Digest, Jun. 17, 2024. [Online]. Available: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-water-level-sensor-with-arduino>