

SISTEM KENDALI KELEMBABAN TANAH DAN KETINGGIAN AIR PADA LAHAN PERTANIAN MINA PADI

Sapuan Nur¹, Syaifurrahman², Muhammad Saleh³

sapuannur8@gmail.com¹, syaifurrahman@untan.ac.id², muhammad.saleh@ee.untan.ac.id³

Tanjungpura Pontianak

ABSTRAK

Mina padi merupakan suatu sistem pertanian yang menggunakan teknik budidaya padi dan ikan dalam satu lahan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lahan. Sistem ini memanfaatkan genangan air sawah sebagai tempat hidup ikan. Faktor utama dalam sistem pertanian mina padi adalah ketersediaan air untuk budidaya padi dan ikan. Pertumbuhan padi memerlukan kelembaban tanah yang stabil, namun disisi lain ketinggian air juga harus terjaga agar pertumbuhan ikan berlangsung dengan baik. Perubahan kondisi cuaca saat musim hujan maupun kemarau dapat menyebabkan kelembaban tanah menjadi tidak ideal dan ketinggian air menjadi tidak stabil hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan padi dan ikan. Penelitian ini merancang sistem kendali kelembaban tanah dan ketinggian permukaan air pada lahan pertanian mina padi agar dapat memberikan pertumbuhan yang maksimal. Sistem ini menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kendali yang dihubungkan dengan modul sensor untuk mendeteksi kelembaban tanah dan ketinggian air serta pompa air sebagai aktuator untuk proses penyiraman dan pengaturan ketinggian air. Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja secara stabil selama 30 hari pengamatan di lahan pertanian mina padi, dengan tingkat akurasi sensor di atas 97%. Pompa air juga beroperasi secara responsif sesuai hasil pembacaan sensor kelembaban dan ultrasonic, sehingga sistem mampu menjaga kondisi lahan tetap ideal bagi pertumbuhan padi dan ikan.

Kata Kunci: Mina Padi, Kelembaban Tanah, Ketinggian Air, Sistem Kendali.

ABSTRACT

Rice-fish farming is an agricultural system that uses rice and fish cultivation techniques on the same land with the aim of increasing land efficiency. This system utilises flooded rice fields as a habitat for fish. The main factor in rice-fish farming is the availability of water for rice and fish cultivation. Rice growth requires stable soil moisture, but on the other hand, the water level must also be maintained so that fish growth can proceed properly. Changes in weather conditions during the rainy and dry seasons can cause soil moisture to become less than ideal and water levels to become unstable, which can affect rice and fish growth. This study designed a system to control soil moisture and water level in rice-fish farming fields in order to maximise growth. This system uses a microcontroller as a control centre connected to a sensor module to detect soil moisture and water level, as well as a water pump as an actuator for irrigation and water level control. The test results show that the system worked stably during 30 days of observation in rice-fish farming fields, with a sensor accuracy rate of over 97%. The water pump also operates responsively according to the readings of the moisture and ultrasonic sensors, enabling the system to maintain ideal conditions for the growth of rice and fish.

Keywords: Rice Paddies, Soil Moisture, Water Level, Control System.

PENDAHULUAN

Tanaman padi merupakan komoditas pangan utama yang menghasilkan karbohidrat dalam bentuk beras dan memiliki peran penting sebagai makanan pokok masyarakat Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat pada tahun 2024, luas lahan pertanian padi di Kalimantan Barat tercatat sebesar 255.109 Hektar [1]. Peningkatan produktivitas lahan pertanian menjadi prioritas, harus dilakukan inovasi yang maksimal untuk meningkatkan hasil produksi dan memenuhi kebutuhan pangan

masyarakat. Salah satu upaya dapat dilakukan adalah menerapkan sistem pertanian terpadu mina padi, yaitu penggabungan budidaya padi dan ikan dalam satu lahan pertanian [2]. Sistem mina padi memberikan berbagai keuntungan, antara lain peningkatan efisiensi penggunaan lahan, pengurangan penggunaan pupuk kimia melalui pemanfaatan limbah ikan sebagai pupuk alami serta menghasilkan dua komoditas sekaligus yaitu, beras sebagai makanan pokok masyarakat, sedangkan ikan merupakan salah satu sumber protein penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi masyarakat. Keberadaan ikan juga dapat membantu mengendalikan gulma dan serangga, sehingga mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan.

Penerapan sistem pertanian mina padi masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu masalah utama adalah pengendalian kelembaban tanah dan ketinggian air yang berpengaruh terhadap pertumbuhan padi maupun ikan. Perubahan musim juga berpengaruh, musim kemarau menimbulkan kekeringan, sedangkan pada musim hujan menimbulkan bencana banjir yang menyulitkan pengaturan ketinggian air [3]. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali yang mampu menjaga kestabilan kelembaban tanah serta ketinggian air agar kondisi lingkungan tetap ideal untuk pertumbuhan padi dan ikan.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan sensor dapat memungkinkan penerapan sistem kendali otomatis yang dapat memantau dan mengatur kondisi lahan secara efisien. Dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air, sistem kendali dapat mengatur pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi yang terukur. Sistem ini bertujuan untuk merancangan dan mengembangkan yang dapat memantau kelembaban tanah dan ketinggian air pada lahan pertanian mina padi, serta menerapkan sistem kendali yang mampu menjaga kelembaban tanah dan ketinggian air agar sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan.

KERANGKA TEORITIS

1. Sistem Pertanian Mina Padi

Mina padi merupakan sistem pertanian yang digunakan oleh petani dengan menggabungkan teknik budidaya padi dan budidaya ikan, yang dilakukan secara bersamaan di lahan sawah [4]. Mina padi memanfaatkan genangan air yang ada di sawah sebagai kolam untuk budidaya ikan, dengan demikian meningkatkan efisiensi lahan karena satu lahan menjadi dua budidaya dua komoditas pertanian sekaligus. Keberadaan air sawah dalam sistem mina padi sangat dibutuhkan. Namun, penggunaan aliran irigasi lahan tidak boleh tercemar. Sistem mina padi dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Sistem Mina Padi

2. Jenis-Jenis Padi Untuk Mina Padi

Padi yang akan ditanam sebaiknya dipilih yang cocok dengan lahan mina padi [5]. Jenis padi yang dipilih untuk sistem mina padi ini adalah jenis padi yang tahan terhadap genangan pada awal pertumbuhan tunasnya serta berakar kuat dan lebat, cepat beranak, batang kuat dan tidak mudah rebah serta tahan hama dan penyakit. Jenis padi yang cocok untuk sistem mina padi adalah sebagai berikut:

1) Varietas Ciherang

Varietas Ciherang merupakan golongan cere Umur tanam 116-125 hari dengan bentuk gabah panjang ramping dan tinggi 107-155 cm.

2) Varietas Citandui

Varietas Citandui merupakan hasil persilangan IR2006/IR2146/IR2061. Padi varietas citandui merupakan golongan cere dan kadang-kadang berbulu. Umur tanam 133-120 hari dengan bentuk tanaman tegak dan tingginya 95-110 cm.

3) Varietas IR 64

Varietas IR 64 merupakan persilangan IR5657/IR2061 dan termasuk golongan cere, kadang-kadang berbulu. Umur tanam 155 hari, batang tegak dan tinggi 85 cm.

4) Varietas Dodokan

Padi varietas Dodokan berasal dari persilangan IR36/IR10154-2-3-3-3/IR9129-209-2-2-2-1 dan merupakan golongan cere. Bentuk tanaman tegak dengan tinggi sekitar 80-95 cm dan umur tanaman 100-105 hari.

5) Varietas Ciliwung

Varietas Ciliwung merupakan persilangan IR38/Pelita I-1-2/IR4744 dan merupakan golongan cere. Umur tanaman 121 hari dengan bentuk tanaman tegak, dan tinggi 101.

3. Metode Tanam SRI (System of Rice Intensification)

Irigasi hemat air pada budidaya padi dengan metode SRI dilakukan dengan memberikan air irigasi secara terputus (intermittent) berdasarkan alternatif antara periode basah (genangan dangkal) dan kering [6]. Mina padi-SRI menguntungkan sekali karena pada pelaksanaan metode SRI selama ini saluran air yang selalu tergenang tidak dimanfaatkan. Namun dengan adanya ikan yang dilepaskan pada saluran air maka akan meningkatkan produktivitas lahan, sehingga saling menguntungkan. Hasil yang didapatkan menjadi dua kali lipat, hasil dari gabah dan hasil dari ikan. Disamping itu, ikan akan memakan mikroorganisme pengganggu tanaman sehingga tanaman padi menjadi lebih sehat dan hasil akan meningkat.

4. Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah adalah sejumlah kadar air yang terdapat diantara partikel-partikel yang terkandung di dalam matriks tanah. Kelembaban tanah permukaan adalah air yang berada di atas tanah setebal 10 cm [7]. Kelembaban tanah juga menjadi faktor penting pertumbuhan padi. Apabila kelembaban rendah saat fase reproduktif dapat menyebabkan pembungaan terhambat. Selain itu, meningkatkan jumlah spikelet yang steril. Keguguran bunga dan buah muda serta kesterilan ini dapat menurunkan produktivitas dari padi. Kelembaban relatif optimum dalam pertumbuhan batang padi adalah sebesar 80-85%, sedangkan pada saat pembungaan adalah sebesar 70-80%. Kelembaban tanah menjadi faktor penting dalam pertumbuhan padi. Rendahnya kelembaban tanah dapat mengganggu penyerapan unsur hara dari tanah, karena air mempengaruhi keseimbangan dari sel-sel tumbuhan dan berperan dalam pertukaran ion-ion.

5. Pengaturan Ketinggian Air

Memasukkan dan mengatur air dalam kolam mina padi agar tidak meluap dari petakan, perlu adanya pengaturan saluran pembuangan dan pemasukan air [4]. Ketinggian air yang baik untuk pertumbuhan ikan berkisar antara 30-40 cm.

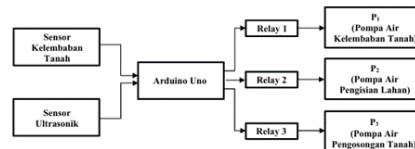
METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode penelitian dan pengembangan (R&D) bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifannya Penelitian diawali dengan studi literatur, yang dilakukan untuk memahami konsep dasar serta menemukan referensi yang relevan dari berbagai sumber, baik secara online maupun offline. Sumber data meliputi jurnal ilmiah tentang monitoring kualitas tanah dan air lahan pertanian, konsep pertanian mina padi, dan penerapan sistem kendali otomatis pada lahan pertanian. Selain itu, datasheet komponen yang digunakan dipelajari

untuk memastikan pemilihan dan penggunaan komponen yang tepat.

1. Perancangan Sistem

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan suatu sistem kendali kelembaban tanah dan ketinggian air di lahan pertanian mina padi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan air. Sistem ini terdiri dari beberapa modul elektronik dan peralatan listrik yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno. Integrasi antara komponen elektronik dan mikrokontroler ini memastikan setiap parameter lahan, seperti kelembaban tanah dan ketinggian air dapat dikendalikan dengan akurat dengan kendali pompa air secara otomatis berdasarkan batas yang telah ditentukan, yang ditampilkan pada Gambar 2.

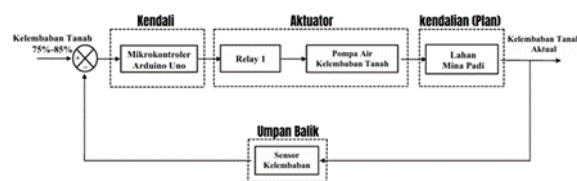


Gambar 2 Diagram Blok Sistem Kendali dan Monitoring Lahan Pertanian Mina Padi

Data dari sensor kelembaban tanah, dan ketinggian air akan dibaca oleh mikrokontroler Arduino Uno, kemudian diolah untuk menghasilkan data untuk menentukan kondisi lahan. Berdasarkan hasil pengolahan tersebut, mikrokontroler akan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis untuk mempertahankan kelembaban tanah dan ketinggian air dalam batas yang telah ditetapkan.

2. Diagram Blok Kendali Kelembaban Tanah

Ini merupakan diagram sistem kendali kelembaban tanah yang ditampilkan pada Gambar 3.

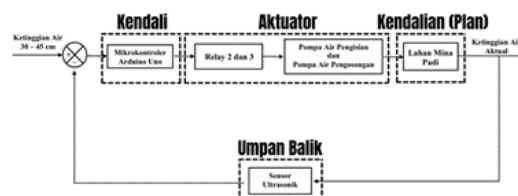


Gambar 3 Diagram Blok Kendali Kelembaban Tanah

Berdasarkan diagram blok, sistem ini memantau dan mengendalikan kelembaban tanah pada lahan pertanian mina padi dengan batas optimal 75%-85%. Sensor resistive humidity soil moisture mengukur kelembaban secara real-time, kemudian datanya dikirim ke Arduino Uno untuk dibandingkan dengan batas yang ditentukan. Jika kelembaban kurang dari 75%, Arduino Uno mengaktifkan relay 1 untuk menyalakan pompa air, sedangkan jika kelembaban lebih dari 85%, pompa akan dimatikan secara otomatis.

3. Diagram Blok Kendali Ketinggian Air

Berikut ini diagram sistem kendali ketinggian level air tambak ikan yang dapat ditampilkan pada Gambar 4.



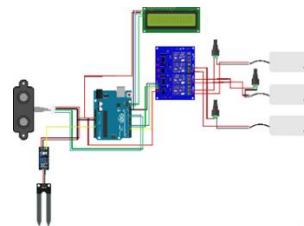
Gambar 4 Diagram Blok Sistem Kendali Ketinggian Air

Berdasarkan diagram blok, sistem ini memantau dan mengatur ketinggian permukaan air pada lahan pertanian mina padi dengan batas optimal 30-45 cm. sensor ultrasonik membaca ketinggian permukaan air secara real-time dan mengirimkan data ke Arduino Uno sebagai pengendali utama. Jika ketinggian air kurang dari 30 cm, Arduino

Uno mengaktifkan relay 2 untuk menyalakan pompa pengisian, sedangkan jika ketinggian air lebih dari 45 cm, relay 3 diaktifkan untuk pompa pengosongan, sehingga ketinggian air tetap berada pada batas yang ditentukan.

4. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, dibuat desain rangkaian atau wiring untuk mempermudah pengkabelan sistem kendali lahan pertanian mina padi. Desain ini memberikan informasi jelas mengenai hubungan antar komponen-komponen, sehingga proses perakitan menjadi lebih mudah dan terarah. Komponen-komponen yang digunakan terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno, sensor resistive humidity soil moisture, sensor ultrasonik, modul relay, LCD I2C, dan pompa air DC. Rangkaian ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Wiring Diagram Sistem

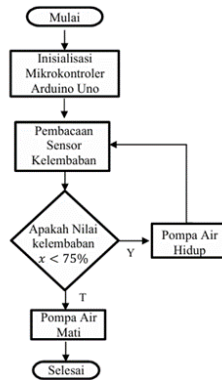
5. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem kendali lahan pertanian mina padi dirancang untuk memproses data dari sensor resistive humidity soil moisture dan sensor ultrasonik,. perancangan perangkat lunak dilakukan pada mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengendali sistem. Kode program ditulis menggunakan software Arduino IDE, kemudian di-upload ke mikrokontroler dan tersimpan pada chip memori sehingga seluruh komponen dapat bekerja sesuai logika program yang telah dibuat.

Proses perancangan dimulai dari pembuatan diagram alir (flowchart) untuk setiap sensor, yang diawali dengan deklarasi variabel, inisialisasi sensor, kemudian dilanjutkan dengan proses pembacaan data sensor oleh mikrokontroler. Data yang diperoleh dianalisis sesuai batas yang telah ditentukan untuk mengendalikan kerja pompa air melalui modul relay.

6. Diagram Alir Kendali Kelembaban Tanah

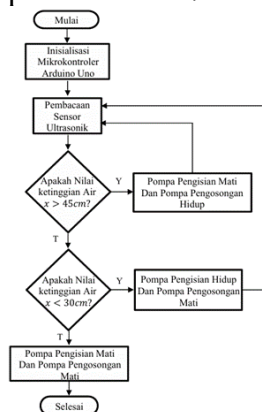
Diagram alir ini menjelaskan bagaimana sistem membaca nilai kelembaban tanah dari sensor yang diawali dengan proses inisialisasi sensor resistive humidity soil moisture oleh mikrokontroler. Setelah itu sensor membaca nilai kelembaban tanah pada lahan pertanian mina padi. Hasil pembacaan kemudian dibandingkan dengan standar baku kelembaban yang telah ditetapkan, yaitu berada pada rentang 75% hingga 85%. Jika kelembaban berada dibawah batas minimum 75%, maka mikrokontroler akan mengaktifkan pompa air untuk menambah kelembaban tanah. sebaliknya, apabila nilai kelembaban melebihi batas maksimum 85%, pompa akan dimatikan secara otomatis. Dengan demikian kelembaban tanah dapat dijaga tetap stabil sesuai kebutuhan. Diagram alir kendali sensor resistive humidity soil moisture ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram Alir Kendali Sensor Resistive Humidity Soil Measure

7. Diagram Alir Kendali Ketinggian Air Tambak

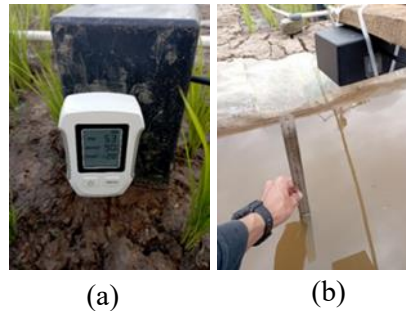
Perancangan sistem kendali ketinggian air pada lahan dalam pertanian mina padi menggunakan sensor ultrasonik sebagai alat pendeteksi jarak permukaan air. Sensor ini berfungsi untuk memperoleh data ketinggian air secara real-time, yang kemudian diolah mikrokontroler. Program diawali dengan proses inisialisasi sensor pada mikrokontroler. Setelah itu, sensor ultrasonik akan mengukur ketinggian air. Data hasil pembacaan akan dibandingkan dengan batas yang telah ditentukan, jika ketinggian air dibawah 30 cm, maka pompa air pengisian akan diaktifkan, sebaliknya jika ketinggian air lebih dari 45 cm pompa pengosongan akan diakifkan. Sedangkan ketika ketinggian air berada pada rentang 30 cm - 45 cm, maka kedua pompa tetap dalam kondisi mati. Diagram alir kendali ketinggian air tambak ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Kendali Ketinggian Air Lahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penerapan sistem pada lahan pertanian mina padi. Pembahasan ini difokuskan pada kinerja sensor dan aktuator selama pengujian di lapangan serta kemampuan sistem dalam menjaga kelembaban tanah dan ketinggian air. Data yang diperoleh berasal dari pembacaan sensor resistive humidity soil measture dan sensor ultrasonik untuk ketinggian air. Sensor-sensor tersebut di tempatkan pada lahan pertanian mina padi seperti ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8 (a) sensor resistive soil (b) Sensor ultrasonik

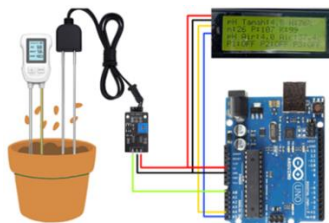
Hasil Pengujian Sensor

Sistem diuji secara menyeluruh dilahan pertanian mina padi yang berukuran 5 x 5 m² selama 30 hari untuk mengevaluasi kinerja sensor dan aktuator dalam kondisi yang nyata. parameter yang dipantau meliputi kelembaban tanah dan ketinggian permukaan air tambak. Data sensor ditampilkan secara real-time pada LCD I2C 20×4, sementara aktuator (pompa penyiraman tanah, pompa pengisian, dan pompa pengosongan air lahan) bekerja otomatis sesuai pembacaan sensor.

1. Pengujian Sensor Dan Aktuator Skala Laboratorium

a. Sensor Resistive Humidity Soil Measure

Pengujian sensor resistive humidity soil measure dilakukan untuk menguji keakuratan hasil pembacaan sensor pada sampel tanah yang diukur dibandingkan dengan alat ukur soil tester. Pengujian sensor kelembaban tanah menggunakan sampel tanah kering dan basah yang ditambahkan air secara bertahap untuk mengamati respon sensor terhadap perubahan kadar air. Pengujian ini untuk memastikan sensor kelembaban tanah bekerja setiap ada perubahan kadar air dalam tanah. Rangkaian pengujian yang digunakan berupa sensor resistive humidity soil moisture dan alat ukur soil tester. yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Rangkaian Pengujian Sensor Pada Sampel Tanah

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan tambahan air kedalam sampel didapat sensor merespon perubahan seiring dengan penambahan air. Dalam pengujian diambil sebanyak 20 sampel data yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Menggunakan Sampel Tanah

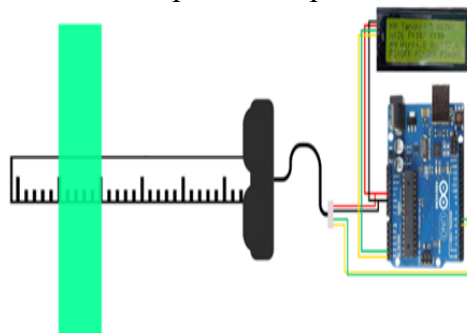
Menit ke-	Sensor (%)	Alat Ukur (%)	Galat	Persentase Galat (%)
0	53	51	2	3,9
2	53	52	1	1,9
4	53	52	1	1,9
6	52	52	0	0,0
8	53	52	1	1,9
10	52	51	1	2,0
12	53	52	1	1,9
14	53	52	1	1,9
16	52	51	1	2,0

18	52	51	1	2,0
20	86	87	1	1,1
22	86	87	1	1,1
24	86	87	1	1,1
26	86	87	1	1,1
28	85	86	1	1,2
30	85	86	1	1,2
32	84	85	1	1,2
34	84	85	1	1,2
36	83	85	2	2,4
38	83	82	1	1,2
Rata-Rata			0,05	1,61

Berdasarkan hasil pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 4.1. Ada dua perlakuan yang diterapkan pada sensor. Perlakuan pertama menggunakan sampel tanah kering pada menit ke-0 hingga menit-18. Pada perlakuan ini, nilai kelembaban yang terbaca oleh alat ukur berada dalam kisaran 51% hingga 52 %, sedangkan pembacaan dari sensor berkisar 52% hingga 53 %. Perlakuan kedua menggunakan sampel tanah basah pada menit ke-20 hingga menit ke-38. Pada kondisi ini, nilai kelembaban yang terukur oleh alat ukur berada dalam rentang 82% hingga 87%, sementara pembacaan dari sensor berkisar 83% hingga 86%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor cenderung memberikan nilai pembacaan sedikit lebih tinggi dibandingkan alat ukur standar. Namun jika dilihat dari nilai rata-rata persentase galat, memiliki nilai dibawah 2 %, ini menunjukkan bahwa sensor memberikan kinerja yang baik. Berdasarkan hasil perhitungan pengujian pada Tabel 1 diperoleh rata-rata persentase Galat sebesar 1,61 %. Sehingga tingkat keakuratan sensor kelembaban tanah sebesar 98,39%. Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat kesalahan pengukuran pada sensor relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mengukur kelembaban tanah.

b. Sensor Ultrasonik A02YYUW

Pengujian sensor ultrasonik bertujuan untuk melihat tingkat akurasi sensor terhadap pembacaan ketinggian permukaan air. Pengujian ini menggunakan sensor ultrasonik dfrobot model A02YYUW yang dibandingkan dengan alat ukur penggaris. Adapun skematik pengujian sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10 Rangkaian Pengujian Sensor Ultrasonik Dengan Penggaris

Berdasarkan hasil pengujian sensor terhadap jarak objek menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan jarak objek ketika digeser mendekat atau menjauh. Dalam pengujian ini diambil sampel data sebanyak 20 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Menggunakan Sebuah Objek

Menit Ke-	Sensor (cm)	Penggaris (cm)	Galat (cm)	Persentase Galat (%)
0	3,3	3	0,3	10
2	4,7	5	0,3	6
4	8,4	8	0,4	5
6	11,0	11	0,0	0
8	14,1	14	0,1	1
10	15,7	16	0,3	2
12	20,7	21	0,3	1
14	24,2	24	0,2	1
16	26,1	26	0,1	0
18	27,8	28	0,2	1
20	29,8	30	0,2	1
22	32,3	32	0,3	1
24	38,6	39	0,4	1
26	43,6	44	0,4	1
28	46,7	47	0,3	1
30	48,7	49	0,3	1
32	51,7	52	0,3	1
34	54,1	54	0,1	0
36	58,1	58	0,1	0
38	60,5	60	0,5	1
Rata-rata			0,04	1,68

Berdasarkan data Tabel 2, menunjukkan bahwa selisih antara pembacaan jarak dari sensor dengan alat ukur penggaris relatif kecil dengan nilai galat berkisar antara 0,1 cm hingga 0,5 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mengukur jarak suatu objek. Untuk menganalisis akurasi pembacaan sensor ultrasonik dibandingkan dengan alat ukur berupa penggaris. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata persentase galat yang diperoleh sebesar 1,68 %. Dengan demikian tingkat keakuratan sensor ultrasonik cukup tinggi sebesar 98,32%.

c. Hasil Pengujian Aktuator

Pengujian aktuator dilakukan untuk melihat respon pompa air terhadap pembacaan sensor. Data hasil pengujian aktuator ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Keseluruhan Pengujian Aktuator

Besaran	Nilai	P ₁	P ₂	P ₃
Kelembaban	$H \leq 75\%$	On	Off	Off
	$H > 75\%$	Off	Off	Off
Ketinggian Air	$T < 30$ cm	Off	On	Off
	$30 \text{ cm} < T < 45 \text{ cm}$	Off	Off	Off
	$T < 45 \text{ cm}$			
	$T > 45 \text{ cm}$	Off	Off	On

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian keseluruhan aktuator yang dilakukan di laboratorium terhadap kondisi nilai kelembaban dan ketinggian permukaan air. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kendali otomatis pada kelembaban tanah dan ketinggian permukaan air dapat merespon dan bekerja sesuai dengan perubahan nilai

dari pembacaan sensor. Pada saat kondisi nilai kelembaban dibawah 75% sistem akan mengaktifkan pompa kelembaban (P1), sebaliknya jika nilai kelembaban diatas 75% sistem akan menonaktifkan pompa kelembaban. Pada ketinggian permukaan air saat kondisi ketinggian permukaan air dibawah 30 cm sistem akan mengaktifkan pompa pengisian (P2), sebaliknya jika ketinggian permukaan air diatas 45 cm sistem akan mengaktifkan pompa pengosongan (P3). Sedangkan pada ketinggian permukaan air antara 30 cm hingga 45 cm, maka sistem menonaktifkan pompa pengisian (P2) dan pompa pengosongan (P3).

2. Penerapan Sensor Resistive Humidity Soil Moisture dan Sensor Ultrasonik di Lahan
Pengujian dilakukan untuk memantau perubahan kelembaban tanah dan mengetahui ketinggian air selama 30 hari dilahan pertanian mina padi. Data hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil uji sensor Resistive Humidity Soil Moisture dan Sensor Ultrasonik

Hari Ke-	Humidity (%)	Ketinggian Air (cm)
1	90	27,1
2	90	40,4
3	90	37,4
4	90	34,3
5	90	36,1
6	89	39,5
7	90	39,3
8	78	35,4
9	90	39,9
10	80	37,3
11	89	43,3
12	90	40,3
13	90	40,7
14	90	40,1
15	72	37,9
16	88	35,8
17	84	32,4
18	80	30,7
19	90	29,0
20	90	28,3
21	90	26,4
22	90	20,1
23	83	22,9
24	74	20,1
25	90	17,5
26	90	15,1
27	85	13,5
28	86	12,7
29	90	50
30	90	35,5

Berdasarkan data pembacaan sensor resistive humidity soil moisture, nilai kelembaban

berada pada kisaran 72% hingga 90%, dengan sebagian besar menunjukkan tingkat kelembaban yang cukup baik diatas 80%. Namun penurunan kelembaban terlihat pada hari ke-8 (78%), hari ke-15 (72%), dan hari ke-24 (74%), hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan dimana cuaca yang sangat panas dan tidak turun hujan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis mampu menjaga kadar kelembaban tanah agar tetap sesuai kebutuhan padi.

Sementara itu, pada beberapa hari pengamatan, nilai kelembaban tanah tercatat melebihi batas atas rentang kendali, yaitu lebih dari 85%, dengan nilai tertinggi mencapai 90%. Kondisi ini terjadi akibat curah hujan tinggi dan peningkatan kelembaban lingkungan. Sistem yang dirancang hanya melakukan pengendalian secara aktif untuk menaikkan kelembaban ketika nilainya berada di bawah ambang batas (75%), sedangkan ketika nilai kelembaban melebihi batas atas, sistem tidak melakukan aksi karena kenaikan tersebut terjadi secara alami dan tidak mengaktifkan pompa penyiraman.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis bekerja sesuai dengan logika kendali yang telah dirancang, di mana aktuator hanya merespons perubahan nilai kelembaban di bawah ambang batas. Secara keseluruhan, sistem mampu menjaga kelembaban tanah agar tetap berada dalam kisaran optimal 75%–85%, sekaligus beradaptasi terhadap variasi kondisi lingkungan seperti cuaca panas dan curah hujan tinggi.

Berdasarkan data pembacaan sensor ultrasonik selama 30 hari ketinggian permukaan air pada tambak berkisar pada ketinggian 12 cm hingga 50 cm. terjadi penurunan secara ultrasonik pada hari ke-22 sampai hari ke-28, dikarenakan musim kemarau selama 14 hari yang minim curah hujan hal ini berdampak pada sistem kendali otomatis untuk pompa pengisian air.

Hasil Pengujian Aktuator

Pengujian aktuator dilakukan untuk memastikan respon pompa terhadap pembacaan sensor kelembaban tanah dan ketinggian air. Dimana Pompa 1 (pompa air kelembaban tanah), Pompa 2 (pompa air pengisian lahan) dan Pompa 3 (pompa air pengosongan lahan). Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil uji aktuator

Hari Ke-	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3
1	Off	On	Off
2	Off	Off	Off
3	Off	Off	Off
4	Off	Off	Off
5	Off	Off	Off
6	Off	Off	Off
7	Off	Off	Off
8	Off	Off	Off
9	Off	Off	Off
10	Off	Off	Off
11	Off	Off	Off
12	Off	Off	Off
13	Off	Off	Off
14	Off	Off	Off
15	On	Off	Off
16	Off	Off	Off
17	Off	Off	Off
18	Off	Off	Off
19	Off	On	Off
20	Off	On	Off

Hari Ke-	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3
21	Off	On	Off
22	Off	On	Off
23	Off	On	Off
24	On	On	Off
25	Off	On	Off
26	Off	On	Off
27	Off	On	Off
28	Off	On	Off
29	Off	Off	On
30	Off	Off	Off

Berdasarkan data, pompa penyiraman tanah (Pompa 1) pompa air DC hanya hidup sebanyak 2 kali selama 30 hari pengujian, yaitu pada hari ke-15 dan hari ke-24. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi kondisi kelembaban tanah dan sistem kontrol otomatis bekerja sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Sementara itu, hasil pengujian dengan sensor ultrasonik memperlihatkan bahwa pompa 2 (pompa pengisian) hidup pada hari ke-1, hari ke-20 sampai hari ke-28, sedangkan pompa 3 (pompa pengosongan) hidup pada hari ke-29 yang dimana pada hari itu curah hujan sangat tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat merespon secara otomatis terhadap ketinggian permukaan air berdasarkan pembacaan sensor, dan aktuator bekerja sesuai logika kendali yang telah dibuat. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem dapat merespons secara otomatis terhadap fluktuasi permukaan air, dengan aktuator bekerja sesuai logika kendali yang dirancang.

Berdasarkan data dari Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, menunjukkan bahwa terdapat hubungan langsung antara pembacaan sensor dengan respon aktuator. Saat kelembaban tanah turun di bawah 75%, Pompa 1 aktif untuk meningkatkan kelembaban hingga mencapai kisaran ideal. Sedangkan jika ketinggian air menurun di bawah 30 cm, Pompa 2 diaktifkan untuk menambah volume air. Sebaliknya, jika ketinggian air melebihi 45 cm, Pompa 3 diaktifkan untuk mengurangi air yang berlebih. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis yang dirancang berfungsi sesuai dengan logika kendali yang telah ditentukan, dengan respon aktuator yang sejalan terhadap perubahan nilai sensor. Dengan demikian, sistem mampu mempertahankan kelembaban tanah dalam rentang 75–85% dan ketinggian air dalam rentang 30–45 cm, yang sesuai dengan kebutuhan optimal pertanian mina padi.

KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis yang dirancang berfungsi secara efektif dalam menjaga kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman padi dan ikan pada sistem mina padi. Sistem mampu bekerja secara real-time, memudahkan petani dalam proses pengelolaan lahan, serta mengaktifkan aktuator seperti pompa penyiraman tanah, pompa pengisian air, dan pompa pengosongan air secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor. Berdasarkan hasil pengujian, tingkat keakuratan sensor kelembaban tanah mencapai 98,39% dan sensor ultrasonik sebesar 98,32%, yang menunjukkan bahwa kedua sensor memiliki tingkat akurasi tinggi dan dapat diandalkan dalam memantau kondisi lingkungan pada lahan pertanian mina padi.

DAFTAR PUSTAKA

Agroqu, “Kriteria Padi yang Cocok Ditanam Dalam Sistem Minapadi,” Agroqu. Accessed: Apr.

- 11, 2025. [Online]. Available: <https://agroqu.co.id/minapadi/kriteria-padi-yang-cocok-ditanam-dalam-sistem-minapadi/>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat, “Luas Panen Padi (Hektar), 2024,” Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat. Accessed: Jan. 11, 2025. [Online]. Available: <https://kalbar.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk2IzI=/luas-panen-padi.html>
- D. P. Ludong et al., “Irigasi Hemat Air Pada Padi Lokal Dengan Variasi Ketebalan Tanah Olah Menggunakan Pola Tanam Sri (System Of Rice Intensification) Efficient Irrigation In The Local Rice With Thickness Variation Of Cultivated Soil Using System Of Rice Intensification Method,” *Eugonia*, vol. 22, 2016.
- I. Ahmadian, A. Yustiati, and D. Y. Andriani, “Produktivitas Budidaya Sistem Mina Padi Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan Di Indonesia: A Review,” *Jurnal Akuatek*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, Jun. 2021.
- M. Habib Rifai, N. Vera, N. Sekar, S. Dewi, and R. R. Narfandi, “Prototipe Alat Pengukur Kelembaban Tanah Berbasis Sensormedia Tanaman Padi,” *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, vol. 5, pp. 16–21, Jun. 2023, [Online]. Available: <https://ojs.politeknikjambi.ac.id/elti>.
- R. A. Puri,) Miseri, R. Afany, and D. L. Peniwiratri, “Pengaruh Populasi Ikan Nila Terhadap Ketersediaan Hara Dan Pertumbuhan Tanaman Padi Sawah Pada Sistem Mina Padi Di Dusun Biru, Desa Trihanggo, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta,” *Jurnal Tanah dan Air*, vol. 16, no. 2, pp. 85–94, Dec. 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jta/index>
- R. Megasari, Y. Ismail, M. Darmawan, and M. Iqbal Ardha, “The Effect of Organic Fertilizer and Feeding on Rice and Fish Production in the Minapadi System,” *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 12, no. 2, Jul. 2024.