

**Analisis Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan Ikan pada
Kolam Akuaponik Berbasis *Internet of Things***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



Oleh:

FARAH TRI RAHMA PUTRI

09011382126163

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

Analisis Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan Ikan pada Kolam Akuaponik Berbasis Internet of Things

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Sistem Komputer

Oleh:

FARAH TRI RAHMA PUTRI

09011382126163

Pembimbing 1 : HUDA UBAYA, S.T., M.T.
NIP. 198106162012121003

Mengetahui

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T
196612032006041001

AUTHENTICATION PAGE

FINAL TASK

Analysis of the Effect of Water Quality on Fish Growth in Internet of Things-Based Aquaponic Ponds

Submitted to Complete One of the Requirements for Obtaining a Bachelor's Degree in
Computer Science

By:

FARAH TRI RAHMA PUTRI

09011382126163

Supervisor 1 : **HUDA UBAYA, S.T., M.T.**
NIP. 198106162012121003

Acknowledge

Head of Computer Systems Department



Dr. Ir. Sukemi, M.T

196612032006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada

Hari : Jum'at

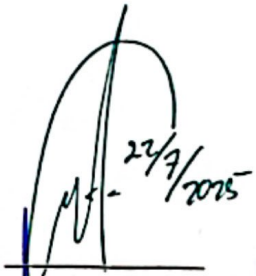
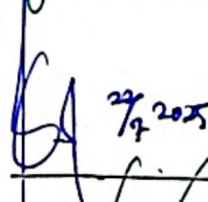
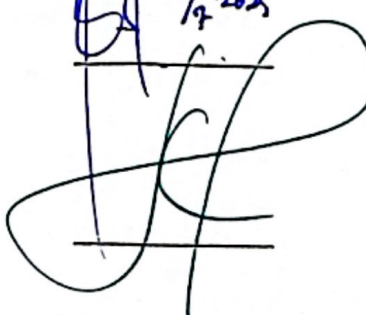
Tanggal : 11 Juli 2025

Tim Penguji :

1. Ketua : Dr. Ahmad Zarkasi, M.T.

2. Penguji : Sutarno, M.T.

3. Pembimbing : Huda Ubaya, M.T.

Mengetahui, 22/7/25

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Farah Tri Rahma Putri

NIM : 09011382126163

Judul : Analisis Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan Ikan pada Kolam
Akuaponik Berbasis *Internet of Things*

Hasil pengecekan *Software Turnitin* : 1%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya. Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, Juli 2025

Penulis,



Farah Tri Rahma Putri

NIM. 09011382126163

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta kemudahan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisis Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan Ikan pada Kolam Akuaponik Berbasis *Internet of Things*”**

Penyusunan tugas akhir ini tentunya tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada keluarga tercinta, Papa, Mama, Kak Firdha, Kak Faza, dan Kak Ajik, terima kasih atas semangat, dukungan, dan doa yang senantiasa menyertai setiap langkah penulis. Terima kasih telah membesarkan penulis dengan cinta dan kasih sayang, serta menjadi motivasi terbesar dalam menyelesaikan perkuliahan. Kehadiran Nadhif juga membawa semangat baru dan warna tersendiri dalam keluarga. Penulis sangat bersyukur lahir dan tumbuh dalam lingkungan keluarga yang penuh cinta dan kebahagiaan. Semoga pencapaian kecil ini dapat menjadi bentuk rasa terima kasih yang tulus kepada keluarga.
2. Bapak Prof. Dr, Erwin, S.Si., M.Si., selaku dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T. selaku ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang telah membimbing penulis dengan sepenuh hati. Terima kasih atas waktu, tenaga, serta ilmu yang telah diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan atas dukungan dan motivasi yang sangat berarti, sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

5. Bapak Sutarno, M.T., selaku dosen pembimbing akademik penulis, yang telah memberikan motivasi serta arahan selama menjalani masa studi di Universitas Sriwijaya. Ucapan terima kasih penulis sampaikan atas bimbingan yang telah membantu dalam perjalanan akademik ini.
6. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Mbak Sari dan Mbak Titi, selaku admin Jurusan Sistem Komputer, yang telah memberikan bantuan dan kemudahan dalam pengurusan berbagai berkas administrasi selama masa studi. Dukungan tersebut sangat membantu kelancaran proses akademik penulis.
7. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan, Vera, Raraisa, dan Fazza, yang telah menjadi bagian dari perjalanan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, waktu yang dihabiskan bersama, serta cerita-cerita yang telah dibagi, yang membuat masa kuliah menjadi lebih berwarna dan bermakna.
8. Sahabat semasa SMA, Salsa, Tije, Dinda, dan Nabila, meskipun berada di universitas dan kota yang berbeda, tetap menjadi tempat berbagi cerita, pengalaman, serta saling mendukung dalam setiap perjalanan masing-masing. Terima kasih atas persahabatan yang tetap hangat hingga saat ini.
9. Teman-teman Sistem Komputer Unggulan 2021, meskipun memiliki latar belakang dan cerita masing-masing selama masa perkuliahan, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis dan telah menemani masa studi ini dengan kebersamaan dan semangat yang tak terlupakan.
10. Terakhir ucapan terima kasih kepada diriku sendiri, Farah Tri Rahma Putri. Terima kasih karena tidak menyerah, tetap melangkah dengan berani, dan memilih untuk terus percaya pada diri sendiri. Untuk seorang anak bungsu yang kini tengah menapaki usia 21 tahun, terima kasih telah berjuang sekuat ini. Terima kasih telah bertahan, tumbuh, dan belajar dari setiap proses. Semoga pencapaian ini menjadi awal dari langkah-langkah hebat selanjutnya, dan semoga kamu tidak pernah lupa untuk bangga pada diri sendiri, sekecil apa pun pencapaian itu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi yang berguna bagi pembaca dan rekan-rekan lainnya.

Palembang, Juli 2025

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters and lines, positioned above the printed name.

Farah Tri Rahma Putri

NIM. 09011382126163

ANALISIS PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN PADA KOLAM AKUAPONIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Farah Tri Rahma Putri

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: farahtrirahmaputri@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas air merupakan faktor penting dalam budidaya ikan karena berpengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter kualitas air terhadap pertumbuhan ikan pada sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* menggunakan algoritma *Random Forest*. Data diperoleh dari lima kolam akuaponik dengan pemantauan otomatis berbasis sensor IoT yang merekam parameter suhu, pH, oksigen terlarut, kekeruhan, nitrat, dan ammonia. Model *Random Forest* dilatih dengan data dari lima kolam dan divalidasi menggunakan dataset terpisah untuk menguji generalisasi model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH, Ammonia, dan Nitrat merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap berat ikan. Model menghasilkan performa prediksi yang cukup baik dengan nilai MAE dan RMSE yang rendah pada data validasi. Selain itu, ditemukan bahwa jumlah populasi ikan juga turut memengaruhi pertumbuhan, di mana kolam dengan populasi lebih banyak menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda. Penelitian ini merekomendasikan pemanfaatan sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT sebagai solusi efektif untuk mendukung budidaya akuaponik yang lebih efisien, akurat, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Akuaponik, Kualitas Air, *Internet of Things*, *Random Forest*, Pertumbuhan Ikan, *Smart Farming*

ANALYSIS OF WATER QUALITY IMPACT ON FISH GROWTH IN AQUAPONIC PONDS BASED ON THE INTERNET OF THINGS

Farah Tri Rahma Putri

Department of Computer Systems, Faculty of Computer Science, Sriwijaya University

Email: farahtrirahmaputri@gmail.com

ABSTRACT

Water quality is a critical factor in fish farming as it directly affects the growth rate and survival of fish. This study aims to analyze the influence of water quality parameters on fish growth in an aquaponic system integrated with the Internet of Things (IoT), using the Random Forest algorithm. The data were collected from five aquaponic ponds equipped with automated IoT-based monitoring systems that recorded parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, turbidity, nitrate, and ammonia. The Random Forest model was trained on data from the five ponds and validated using a separate dataset to evaluate its generalization performance. The results show that pH, ammonia, and nitrate are the most influential variables on fish weight. The model achieved good predictive performance, as indicated by low MAE and RMSE values during validation. Additionally, it was found that fish population size also affected growth patterns, where ponds with larger populations exhibited different growth trends. This study recommends the implementation of IoT-based water quality monitoring systems as an effective solution to support more efficient, accurate, and sustainable aquaponic fish farming.

Keywords: Aquaponics, Water Quality, Internet of Things, Random Forest, Fish Growth, Smart Farming.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 <i>Internet of Things</i>	12
2.3 <i>Smart Farming</i>	13
2.4 Akuaponik.....	15
2.5 Pertumbuhan Ikan	16
2.6 Kualitas Air	17

2.6.1 <i>Temperature</i> (Suhu)	18
2.6.2 <i>Turbidity</i> (Kekeruhan).....	18
2.6.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (Oksigen Terlarut).....	19
2.6.4 pH (Keasaman atau Kebasaan)	19
2.6.5 Ammonia.....	20
2.6.6 <i>Nitrate</i>	20
2.6.7 Parameter Optimal Kualitas Air	21
2.7 <i>Random Forest</i>	22
2.7.1 Konsep Dasar <i>Random Forest</i>	22
2.7.2 Rumus Dasar <i>Random Forest</i>	22
2.7.3 Alur Penggunaan <i>Random Forest</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Pendahuluan.....	26
3.2 Kerangka Kerja Penelitian	26
3.3 Data dan Sumber Data	28
3.3.1 Sumber Data.....	28
3.3.2 Isi Dataset.....	29
3.3.3 Pengolahan Awal Data	30
3.4 Skenario Pengumpulan Data.....	30
3.4.1 Metode Pengumpulan Data	31
3.4.2 Alat yang Digunakan.....	32
3.4.3 Frekuensi dan Periode Pengambilan Data.....	33
3.5 Metode Pengolahan Data	33
3.5.1 Pembersihan Data.....	34
3.5.2 Normalisasi Data	35

3.5.3 Transformasi Data	37
3.5.4 Pembagian Data.....	38
3.6 Metode Analisis Data.....	40
3.6.1 Algoritma <i>Machine Learning</i>	40
3.6.2 Pelatihan Dan Pengujian Model.....	41
3.7 Evaluasi Model	42
3.8 Validasi Model.....	44
3.9 Visualisasi Dan Interpretasi Hasil.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Persiapan Sistem	48
4.2 Implementasi Model Pada Data IoT Pond1	49
4.2.1 Persiapan dan Praproses Data	50
4.2.2 Pemisahan Data Latih dan Data Uji	53
4.2.3 Pelatihan Model Random Forest	54
4.2.4 Evaluasi Model.....	54
4.2.5 Analisis Pertumbuhan Berdasarkan Fitur Dominan.....	56
4.2.6 Klasifikasi Kualitas Air	59
4.2.7 Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	60
4.3 Implementasi Model Pada Data IoT Pond2	62
4.3.1 Persiapan dan Praproses Data	62
4.3.2 Pemisahan Data Latih dan Data Uji	65
4.3.3 Pelatihan Model Random Forest	66
4.3.4 Evaluasi Model.....	66
4.3.5 Analisis Pertumbuhan Berdasarkan Fitur Dominan.....	68
4.3.6 Klasifikasi Kualitas Air	72

4.3.7 Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	73
4.4 Implementasi Model Pada Data IoTPond3	76
4.4.1 Persiapan dan Praproses Data	76
4.4.2 Pemisahan Data Latih dan Data Uji	79
4.4.3 Pelatihan Model Random Forest	80
4.4.4 Evaluasi Model.....	80
4.4.5 Analisis Pertumbuhan Berdasarkan Fitur Dominan.....	83
4.4.6 Klasifikasi Kualitas Air	86
4.4.7 Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	87
4.5 Implementasi Model Pada Data IoTPond4	89
4.5.1 Persiapan dan Praproses Data	89
4.5.2 Pemisahan Data Latih dan Data Uji	93
4.5.3 Pelatihan Model Random Forest	93
4.5.4 Evaluasi Model.....	94
4.5.5 Analisis Pertumbuhan Berdasarkan Fitur Dominan.....	96
4.5.6 Klasifikasi Kualitas Air	98
4.5.7 Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	99
4.6 Implementasi Model Pada Data IoTPond5	102
4.6.1 Persiapan dan Praproses Data	102
4.6.2 Pemisahan Data Latih dan Data Uji	105
4.6.3 Pelatihan Model Random Forest	106
4.6.4 Evaluasi Model.....	106
4.6.5 Analisis Pertumbuhan Berdasarkan Fitur Dominan.....	108
4.6.6 Klasifikasi Kualitas Air	110
4.7 Validasi Model.....	114

4.7.1 Pendahuluan Validasi.....	114
4.7.2 Evaluasi Akurasi Model.....	115
4.7.3 Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	116
4.7.4 Feature Importance.....	117
4.7.5 Agresi Rata-Rata Berat Ikan	118
4.8 Analisis Kinerja Model pada Seluruh Dataset.....	120
4.8.1 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Model	120
4.8.2 Rekapitulasi Perbandingan Prediksi vs Aktual	121
4.8.3 Analisis Feature Importance Antar Kolam.....	123
4.8.4 Pengaruh Jumlah Populasi Terhadap Kualitas Air.....	124
4.8.5 Kesimpulan Akhir	125
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	127
5.1 Kesimpulan	127
5.2 Saran	128
DAFTAR PUSTAKA.....	129
LAMPIRAN	133

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Ikon SDG 2, 6, dan 12.....	3
Gambar 2. 1 Arsitektur Sistem Pemantauan IoT[20].....	13
Gambar 2. 2 <i>Smart Farming Cycle</i> [23]	14
Gambar 2. 3 Sistem Akuaponik	16
Gambar 2. 4 Alur <i>Random Forest</i>	25
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	27
Gambar 3. 2 Rancangan Sistem IoT Kualitas Air[34]	29
Gambar 3. 3 Kolam Akuaponik[35]	31
Gambar 4. 1 <i>Load Dataset</i> IoT Pond1	50
Gambar 4. 2 <i>Missing Value</i> IoT Pond1.....	51
Gambar 4. 3 Pemeriksaan Duplikat IoT Pond1	51
Gambar 4. 4 Hasil Pemisahan Data Latih dan Uji IoT Pond1	53
Gambar 4. 5 Hasil Evaluasi MAE dan RMSE IoT Pond1	54
Gambar 4. 6 Pertumbuhan Berat Ikan IoT Pond1.....	55
Gambar 4. 7 <i>Feature Importance</i> IoT Pond1.....	55
Gambar 4. 8 Rata-Rata Berat Ikan IoT Pond1	57
Gambar 4. 9 <i>Heatmap</i> Korelasi antar Fitur IoT Pond1.....	58
Gambar 4. 10 Klasifikasi Kualitas Air IoT Pond1.....	59
Gambar 4. 11 <i>Scatter Plot</i> Prediksi vs Aktual IoT Pond1	60
Gambar 4. 12 Visualisasi Berat Ikan Aktual Vs Prediksi IoT Pond1	61
Gambar 4. 13 <i>Load Dataset</i> IoT Pond2	62
Gambar 4. 14 <i>Missing Value</i> IoT Pond2.....	63
Gambar 4. 15 Pemeriksaan Duplikat IoT Pond2	64
Gambar 4. 16 Hasil Pemisahan Data Latih dan Uji IoT Pond2	66
Gambar 4. 17 Hasil Evaluasi MAE dan RMSE IoT Pond2	67
Gambar 4. 18 Pertumbuhan Berat Ikan IoT Pond2.....	67
Gambar 4. 19 <i>Feature Importance</i> IoT Pond2.....	68
Gambar 4. 20 Rata-Rata berat ikan IoT Pond2.....	69
Gambar 4. 21 <i>Heatmap</i> korelasi antar fitur IoT pond2.....	70
Gambar 4. 22 Klasifikasi Kualitas Air IoT Pond2.....	72

Gambar 4. 23	<i>Scatter Plot</i> Prediksi vs Aktual	74
Gambar 4. 24	<i>Plot</i> Garis Berat Ikan Aktual vs Prediksi	75
Gambar 4. 25	<i>Load Dataset</i> IoTPond3	76
Gambar 4. 26	<i>Missing Value</i> IoTPond3.....	77
Gambar 4. 27	Pemeriksaan Duplikat IoTPond3	78
Gambar 4. 28	Hasil Pemisahan Data Latih dan Data Uji IoTPond3	80
Gambar 4. 29	Hasil Evaluasi MAE dan RMSE IoTPond3	81
Gambar 4. 30	Pertumbuhan berat ikan IoTPond3.....	82
Gambar 4. 31	<i>Feature Importance</i> IoTPond3.....	82
Gambar 4. 32	Rata-rata berat ikan IoTPond3	84
Gambar 4. 33	<i>Heatmap</i> Korelasi antar Fitur IoTPond3.....	85
Gambar 4. 34	<i>Heatmap</i> Korelasi antar Fitur IoTPond3.....	86
Gambar 4. 35	<i>Scatter Plot</i> Prediksi vs Aktual IoTPond3	88
Gambar 4. 36	<i>Plot</i> Garis Berat Ikan Aktual vs Prediksi IoTPond3	88
Gambar 4. 37	<i>Load Dataset</i> IoTPond4	90
Gambar 4. 38	<i>Missing Value</i> IoTPond4.....	91
Gambar 4. 39	Pemeriksaan Duplikat IoTPond4	91
Gambar 4. 40	Hasil Pemisahan Data Latih dan Data Uji IoTPond4	93
Gambar 4. 41	Hasil Evaluasi MAE dan RMSE IoTPond4	94
Gambar 4. 42	Pertumbuhan berat ikan IoTPond4.....	95
Gambar 4. 43	<i>Feature Importance</i> IoTPond4.....	95
Gambar 4. 44	Rata-rata berat ikan IoTPond4	97
Gambar 4. 45	<i>Heatmap</i> Korelasi antar Fitur IoTPond4.....	98
Gambar 4. 46	Klasifikasi Kualitas Air IoTPond4.....	99
Gambar 4. 47	<i>Scatter Plot</i> Prediksi vs Aktual IoTPond4	100
Gambar 4. 48	<i>Plot</i> Garis Berat Ikan Aktual vs Prediksi IoTPond4	101
Gambar 4. 49	<i>Load Dataset</i> IoTPond5	103
Gambar 4. 50	<i>Missing Value</i> IoTPond5.....	103
Gambar 4. 51	Pemeriksaan Duplikat IoTPond5	104
Gambar 4. 52	Hasil Pemisahan Data Latih dan Data Uji IoTPond5	106
Gambar 4. 53	Hasil Evaluasi MAE dan RMSE IoTPond5.....	107

Gambar 4. 54 Pertumbuhan berat ikan IoTpond5.....	107
Gambar 4. 55 <i>Feature Importance</i> IoTpond5.....	108
Gambar 4. 56 Rata-rata berat ikan IoTpond5	109
Gambar 4. 57 <i>Heatmap</i> Korelasi antar Fitur IoTpond5.....	110
Gambar 4. 58 Klasifikasi Kualitas Air IoTpond5.....	111
Gambar 4. 59 <i>Scatter Plot</i> Prediksi vs Aktual IoTpond5	113
Gambar 4. 60 <i>Plot</i> Garis Berat Ikan Aktual vs Prediksi IoTpond5	113
Gambar 4. 61 Evaluasi MAE dan RMSE	116
Gambar 4. 62 <i>Relative Error (%)</i>	116
Gambar 4. 63 Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	117
Gambar 4. 64 <i>Feature Importance</i>	118
Gambar 4. 65 Agresi Rata-Rata Berat Ikan	119

DAFTAR TABEL

Table 2. 1 <i>Literature Review</i>	9
Table 2. 2 Rentang Optimal Parameter Kualitas Air	21
Tabel 3. 1 Parameter dalam Dataset Pemantauan Kualitas Air Akuaponik	29
Tabel 3. 2 Jumlah Data	32
Tabel 3. 3 Alat yang Digunakan dalam Pengumpulan Data	32
Tabel 4. 1 Hasil Prediksi IoT Pond1	61
Tabel 4. 2 Hasil Prediksi IoT Pond2	75
Tabel 4. 3 Hasil Prediksi IoT Pond3	89
Tabel 4. 4 Hasil Prediksi IoT Pond4	101
Tabel 4. 5 Hasil Prediksi IoT Pond5	114
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Nilai MAE dan RMSE pada Seluruh Dataset	121
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Perbandingan Prediksi vs Aktual	122
Tabel 4. 8 Variabel Dominan IoT Pond1 - IoT Pond5	124
Tabel 4. 9 Jumlah Populasi Kolam 1-5	124

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas air berperan sangat penting dalam mempengaruhi laju pertumbuhan ikan dan hasil produksi ikan secara keseluruhan. Kurangnya pengetahuan petani budidaya mengenai pengelolaan air tambak seringkali menyebabkan buruknya kualitas air dan peningkatan risiko kematian ikan[1]. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan dampak perubahan iklim yang semakin jelas, kebutuhan akan keberlanjutan dan sistem produksi pangan yang ramah lingkungan menjadi semakin dibutuhkan. Sehingga inovasi akuaponik muncul sebagai alternatif yang inovatif dan berpotensi berkelanjutan[2]. Akuaponik menggabungkan produksi ikan dan tanaman dalam ekosistem sirkulasi. Dalam sistem ini, bakteri alami mengubah kotoran ikan menjadi nutrisi bagi tanaman. Tanaman kemudian menyerap nutrisi tersebut dari air untuk tumbuh, sambil memurnikan air yang kembali ke tangki ikan[3]. Selanjutnya, *Internet of Things* (IoT) akan digunakan untuk memantau dan mengendalikan sistem pada Akuaponik[4].

Sistem *Internet of Things* yang terdiri dari mikrokontroler ESP-32 dirancang untuk mengontrol sensor kualitas air pada kolam ikan akuaponik, serta memungkinkan pengumpulan data secara otomatis[5]. Pada air kolam yang digunakan untuk budidaya, terdapat beberapa sensor seperti sensor pH, suhu, dan kekeruhan, masing-masing ditempatkan secara strategis lalu terhubung ke mikrokontroler bersama berdasarkan Arduino Uno. Sensor mengambil data dari air dan menyimpannya dalam nilai yang dipisahkan koma (CSV) dalam platform cloud IoT yang disebut ThingSpeak[6]. Penelitian sebelumnya umumnya fokus pada prediksi kontrol otomatis atau mengidentifikasi usia ikan dengan memanfaatkan variabel seperti pH atau suhu sebagai indikator utama. Namun, hubungan langsung antara perkembangan ikan dan kombinasi parameter kualitas air masih jarang dieksplorasi secara mendalam. Variabel-variabel seperti oksigen terlarut, kelembapan, amonia, dan nitrat sering diabaikan, padahal variabel tersebut juga memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ikan. Penelitian ini bertujuan

untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis hubungan kompleks antara parameter-parameter tersebut terhadap perkembangan ikan. Untuk memprediksi pengaruh setiap variabel untuk pertumbuhan ikan, diperlukan suatu metode yang efektif untuk menangani permasalahan tersebut. Beberapa metode yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya meliputi *Lasso (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)*, *Ridge Regression*, *XGBoost (Extreme Gradient Boosting)*, *CatBoost*, dan *LightGBM (Light Gradient Boosting Machine)*[7].

Beberapa metode yang digunakan cenderung berfokus pada data yang bersifat terstruktur dan linear, serta memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakpastian pada data lingkungan seperti yang terdapat pada kolam akuaponik. Selain itu, algoritme ini biasanya memerlukan data dalam jumlah besar agar dapat berfungsi secara optimal, sehingga menyulitkan penelitian dengan kumpulan data terbatas[7]. Oleh karena itu, penelitian ini memerlukan penerapan metode yang lebih sederhana dan lebih mudah diinterpretasikan. Metode lain yang dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh kualitas air terhadap pertumbuhan ikan yaitu *Random Forest*.

Random Forest merupakan salah satu algoritma *machine learning* yang termasuk dalam metode *supervised learning*, di mana proses pembelajarannya dilakukan berdasarkan data berlabel[8]. Metode ini bekerja dengan membangun sejumlah *decision tree* (pohon keputusan) dan menggabungkan hasil dari masing-masing pohon untuk menghasilkan prediksi akhir, yang ditentukan berdasarkan sistem *voting majority* pada proses klasifikasi[9]. Dengan pendekatan ini, *Random Forest* mampu mengenali pola dan tren dari data historis yang kompleks, sehingga menghasilkan model prediksi yang akurat dan stabil. Algoritma ini juga dapat mengevaluasi pentingnya setiap variabel dalam proses prediksi, yang sangat berguna dalam analisis data. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, *Random Forest* dipilih sebagai metode utama untuk memprediksi pertumbuhan ikan berdasarkan data kualitas air pada sistem akuaponik berbasis IoT. Metode ini diharapkan mampu memberikan hasil prediksi yang akurat dan membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan kolam ikan secara berkelanjutan.

Sustainable Development Goals merupakan kerangka global yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa pada tahun 2015 untuk mendorong pembangunan berkelanjutan dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan[10]. Penelitian ini selaras dengan beberapa poin SDGs, yaitu SDG 2 (Tanpa Kelaparan), SDG 6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak), dan SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab). Penggunaan sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* memungkinkan proses budidaya ikan yang lebih efisien dan terkontrol, sehingga dapat mendukung ketahanan pangan melalui peningkatan produktivitas ikan SDG 2. Di sisi lain, pemantauan kualitas air secara digital membantu menjaga kelestarian dan keamanan air dalam sistem budidaya SDG 6. Selain itu, dengan pendekatan yang berkelanjutan dan berbasis data, penelitian ini juga mendukung efisiensi dalam penggunaan sumber daya dan teknologi ramah lingkungan dalam produksi pangan SDG 12. Ketiga tujuan SDGs tersebut menjadi dasar dalam penelitian ini karena mencerminkan dampak langsung dari pemanfaatan teknologi akuaponik berbasis IoT terhadap aspek ketahanan pangan, pengelolaan air, dan efisiensi produksi. Visualisasi dari ketiga tujuan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Ikon SDG 2, 6, dan 12.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, Maka dapat ditarik suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor kualitas air yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap pertumbuhan ikan?

2. Seberapa akurat metode *Random Forest* dalam memprediksi pertumbuhan ikan berdasarkan kualitas air?
3. Bagaimana pengaruh parameter kualitas air terhadap pertumbuhan ikan pada kolam akuaponik berbasis *Internet of Things*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah dalam analisis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan berasal dari Kaggle.
2. Metode yang digunakan untuk analisis adalah *Random Forest*.
3. Fokus analisis penelitian ini terbatas pada pengaruh kualitas air pada pertumbuhan ikan meliputi *temperature, turbidity, dissolved oxygen, ph, ammonia, dan nitrate*.
4. Hanya akan menganalisis kolam akuaponik selama periode pengamatan tertentu, yaitu sekitar 2-3 bulan.
5. Fokus penelitian ini hanya pada jenis ikan lele yang dibudidayakan dalam kolam akuaponik berbasis IoT.

1.4 Tujuan

Adapun beberapa tujuan dari analisis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis Pengaruh parameter kualitas air terhadap pertumbuhan ikan pada kolam akuaponik berbasis IoT.
2. Mengevaluasi efektivitas dan akurasi metode *Random Forest* dalam memprediksi pertumbuhan ikan berdasarkan parameter kualitas air
3. Memberikan rekomendasi mengenai pengelolaan kualitas air dalam kolam akuaponik berbasis IoT agar pertumbuhan ikan lele lebih optimal.

1.5 Manfaat

Adapun beberapa manfaat dari analisis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi terhadap pemahaman tentang hubungan antara kualitas air dan pertumbuhan ikan pada sistem akuaponik.
2. Menunjukkan efektivitas metode *Random Forest* dalam menganalisis pertumbuhan ikan berdasarkan kualitas air.
3. Memberikan wawasan mengenai peran penting penggunaan teknologi IoT untuk pemantauan kualitas air secara *real-time*.

1.6 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi yang akan digunakan untuk analisis penelitian ini melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap pertama (Perumusan Masalah)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi perumusan masalah mengenai penganalisisan *Smart Farming* terkait pengaruh kualitas air terhadap pertumbuhan ikan pada kolam akuaponik berbasis IoT.

2. Tahap kedua (Pengumpulan data)

Pada tahap ini merupakan tahap pengumpulan data dari pemantauan kualitas air di kolam akuaponik selama kurun waktu 2-3 bulan dan akan digunakan untuk analisis awal guna memahami karakteristik dataset dan nilai sebaran, serta hubungan mendasar antar variabel yang mempengaruhi pertumbuhan ikan.

3. Tahap ketiga (Pengolahan Data)

Pada tahap ini dilakukan pembersihan data untuk mengidentifikasi dan memproses nilai-nilai yang kosong atau tidak valid dalam data, serta untuk menghapus dan mengganti data yang tidak relevan.

4. Tahap keempat (Implementasi Model)

Pada tahap ini, model *machine learning* Random Forest diimplementasikan dengan menggunakan dataset kualitas air sebagai input dan pertumbuhan ikan sebagai output. Data akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan (*training set*) dan data pengujian (*testing set*). Algoritma Random Forest akan membangun beberapa *decision tree* berdasarkan data pelatihan dan menghasilkan model prediksi. Model ini kemudian digunakan untuk memprediksi nilai pertumbuhan ikan dari data pengujian.

5. Tahap kelima (Evaluasi Model)

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap model prediksi yang dibangun menggunakan algoritma *Random Forest*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi pertumbuhan ikan dengan data aktual menggunakan metrik *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). MAE digunakan untuk mengukur rata-rata selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual, sedangkan RMSE memberikan gambaran seberapa besar kesalahan prediksi secara keseluruhan dengan menekankan kesalahan yang lebih besar.

6. Tahap keenam (Kesimpulan dan Saran)

Pada tahap ini, disusun kesimpulan mengenai pengaruh parameter kualitas air terhadap pertumbuhan ikan berdasarkan hasil analisis dan prediksi menggunakan metode Random Forest. Selain itu, ditarik kesimpulan tentang efektivitas dan akurasi metode ini dalam memodelkan pertumbuhan ikan dalam sistem akuaponik berbasis IoT. Saran diberikan untuk pengelola kolam dalam menjaga kualitas air secara optimal, serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dengan eksplorasi metode atau variabel yang lebih beragam guna meningkatkan akurasi model.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah yang mendasari penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tinjauan literatur yang mendukung penelitian, dan menjelaskan dasar teori pembahasan tentang *smart farming*, *internet of things*, akuaponik, serta, metode *Random Forest*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan metode penelitian yang digunakan, meliputi pendekatan penelitian, tahapan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis data menggunakan metode *Random Forest* dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini memberikan hasil dari pengolahan dan analisis terhadap hasil prediksi dari penelitian yang sudah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menarik kesimpulan yang diperoleh dari penelitian, berdasarkan hasil analisis dan pembahasan. Selain itu, diberikan saran yang bermanfaat bagi peneliti selanjutnya atau pihak-pihak yang berkepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Khandakar *et al.*, “Smart aquaponics: An innovative machine learning framework for fish farming optimization,” *Computers and Electrical Engineering*, vol. 119, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.compeleceng.2024.109590.
- [2] M. Zoli, L. Rossi, J. Bacenetti, and J. Aubin, “Upscaling and environmental impact assessment of an innovative integrated multi-trophic aquaponic system,” *J Environ Manage*, vol. 369, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.jenvman.2024.122327.
- [3] P. Chandramenon, A. Aggoun, and F. Tchienbou-Magaia, “Smart approaches to Aquaponics 4.0 with focus on water quality – Comprehensive review,” Oct. 01, 2024, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.compag.2024.109256.
- [4] M. M. M. Mahmoud, R. Darwish, and A. M. Bassiuny, “Development of an economic smart aquaponic system based on IoT,” *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 2024, doi: 10.1016/j.jer.2023.08.024.
- [5] C. N. Udanor *et al.*, “An internet of things labelled dataset for aquaponics fish pond water quality monitoring system,” *Data Brief*, vol. 43, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.dib.2022.108400.
- [6] “Specifications Table”, doi: 10.17632/hxd382z2fg.2.
- [7] A. Khandakar *et al.*, “Smart aquaponics: An innovative machine learning framework for fish farming optimization,” *Computers and Electrical Engineering*, vol. 119, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.compeleceng.2024.109590.
- [8] F. A. Larasati, D. E. Ratnawati, and B. T. Hanggara, “Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi Dana dengan Metode Random Forest,” 2022. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] S. Saadah and H. Salsabila, “Jurnal Politeknik Caltex Riau Prediksi Harga Bitcoin Menggunakan Metode Random Forest (Studi Kasus: Data Acak Pada Awal Masa Pandemi Covid-19),” 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>

- [10] R. Seelajaroen and B. Jitmaneeroj, "Interdependencies among SDGs: evidence-based insights for sustainable development indicators and policy," *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 27, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.indic.2025.100762.
- [11] A. Khandakar *et al.*, "Smart aquaponics: An innovative machine learning framework for fish farming optimization," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 119, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.compeleceng.2024.109590.
- [12] S. B. Dhal *et al.*, "A Machine-Learning-Based IoT System for Optimizing Nutrient Supply in Commercial Aquaponic Operations," *Sensors*, vol. 22, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/s22093510.
- [13] L. P. Deviana and S. Styawati, "Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Sawi Menggunakan Artificial Intelligence Pada Aquaponik," *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, vol. 9, no. 3, pp. 306–314, Dec. 2024, doi: 10.30591/jpit.v9i3.5897.
- [14] E. Agus Priatno and N. Muniroh, "PENERAPAN ALGORITMA K-NN PADA MACHINE LEARNING UNTUK KLASIFIKASI KUALITAS AIR BUDIDAYA AKUAPONIK BERBASIS IoT."
- [15] M. Mamunur Rashid, A.-A. Nayan, M. Obaidur Rahman, S. Afrin Simi, J. Saha, and M. Golam Kibria, "IoT based Smart Water Quality Prediction for Biofloc Aquaculture." [Online]. Available: www.ijacsa.thesai.org
- [16] A. A. Ubaidillah and U. Chotijah, "SMART AQUAPONIK INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)," *INDEXIA: Informatic and Computational Intelligent Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 59–81, 2022.
- [17] A. Komparatif, I. F. Tsukamoto, D. S. Terhadap, and A. Burhanuddin, "LEDGER: Journal Informatic and Information Technology," 2023.
- [18] B. Saad Alotaibi *et al.*, "Assimilation of 3D printing, Artificial Intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) for the construction of eco-friendly intelligent homes:

- An explorative review,” Sep. 15, 2024, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e36846.
- [19] S. Terence and G. Purushothaman, “Systematic review of Internet of Things in smart farming,” *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, vol. 31, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.1002/ett.3958.
 - [20] M. Farhan Mohd Pu’Ad, K. Azami Sidek, and M. Mel, “IoT based water quality monitoring system for aquaponics,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1502/1/012020.
 - [21] W. Budiharto, *Smart Farming yang Berwawasan Lingkungan untuk*. Unsri Press, 2019.
 - [22] M. H. Islam, Md. Z. Anam, M. R. Hoque, M. Nishat, and A. B. M. M. Bari, “Agriculture 4.0 adoption challenges in the emerging economies: Implications for smart farming and sustainability,” *Journal of Economy and Technology*, vol. 2, pp. 278–295, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.ject.2024.09.002.
 - [23] E. Said Mohamed, A. A. Belal, S. Kotb Abd-Elmabod, M. A. El-Shirbeny, A. Gad, and M. B. Zahran, “Smart farming for improving agricultural management,” Dec. 01, 2021, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ejrs.2021.08.007.
 - [24] L. H. Pratopo and A. Thoriq, “Produksi Tanaman Kangkung dan Ikan Lele dengan Sistem Akuaponik,” *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 9, no. 1, p. 68, Mar. 2021, doi: 10.35138/paspalum.v9i1.279.
 - [25] I. Ezzahoui, R. A. Abdelouahid, K. Taji, and A. Marzak, “Hydroponic and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Internet of things IoT technologies,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2021, pp. 499–504. doi: 10.1016/j.procs.2021.07.064.
 - [26] A. S. Rathor, S. Choudhury, A. Sharma, P. Nautiyal, and G. Shah, “Empowering vertical farming through IoT and AI-Driven technologies: A comprehensive review,” Aug. 15, 2024, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e34998.

- [27] “PERTUMBUHAN BENIH IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus*) PADA MEDIA TERKONTROL.”
- [28] R. Ratulangi, M. Junaidi, and B. D. H. Setyono, “PERFORMA PERTUMBUHAN IKAN LELE (*Clarias* sp.) PADA BUDIDAYA TEKNOLOGI MICROBUBBLE DENGAN PADAT TEBAR YANG BERBEDA,” *Jurnal Perikanan Unram*, vol. 12, no. 4, pp. 544–554, Dec. 2022, doi: 10.29303/jp.v12i4.365.
- [29] R. Rahayu Rahman *et al.*, “Analisis Kelayakan Kualitas Air untuk Mengoptimalkan Pertumbuhan Ikan Lele Berbasis Fuzzy Logic Mamdani Water Quality Feasibility Analysis to Optimize Catfish Growth Based on Fuzzy Logic Mamdani,” 2024. [Online]. Available: <http://journal.pusatsains.com/index.php/jsi>
- [30] T. Widodo, A. Bayu Santoso, S. Ihsani Ishak, and R. Rumeon, “JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika) Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa Ph dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT,” 2023.
- [31] E. Jamiyanti, E. H. Agustini, and I. Fata, “Sistem Monitoring Water Turbidity Aquaculture Pada Budidaya Ikan Lele Bebasis PLTS,” *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 190–198, Sep. 2024, doi: 10.38043/telsinas.v7i2.5615.
- [32] “ALAT MONITORING KADAR AMONIA DAN PENGONTROLAN.”
- [33] Shirly Sharpe, “How to Manage Nitrate in Your Fish Tank,” 2024.
- [34] F. Rozie *et al.*, “SISTEM AKUAPONIK UNTUK PETERNAKAN LELE DAN TANAMAN KANGKUNG HIDROPONIK BERBASIS IOT DAN SISTEM INFERENSI FUZZY,” vol. 8, no. 1, pp. 157–166, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184025.
- [35] P. A. P. Wiradani, L. Jasa, and P. Rahardjo, “Analisis Perbandingan Produktivitas Material Budidaya Akuaponik Berbasis IoT (Internet of Things) dengan Budidaya Akuaponik Konvensional,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 263, Dec. 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i02.p14.