

## **Artificial Intelligence-Based Expert System for Recirculating Aquaculture Systems in Tulungagung Regency, East Java**

### **Sistem Pakar Berbasis Kecerdasan Buatan untuk Sistem Akuakultur Resirkulasi di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur**

Ani Dijah Rahajoe<sup>1\*</sup>, Yushinta Aristina Sanjaya<sup>2</sup>, Anna Fauziah<sup>3</sup>, Rino Zakaria<sup>4</sup>, Arif Setyo Wibowo<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Teknologi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan, Sidoarjo 61253, Indonesia

\*Correspondent: [anidijah.if@upnjatim.ac.id](mailto:anidijah.if@upnjatim.ac.id)

#### **Abstrak**

Budidaya ikan air tawar di Indonesia memegang peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian. UD Tirta Mas Agung Abadi, yang berbasis di Jawa Timur, merupakan salah satu pelaku utama dalam pembenihan dan pembesaran ikan hias air tawar, serta menyediakan pakan dan peralatan budidaya. Permasalahan utama yang dihadapi adalah kompleksitas parameter dalam sistem akuakultur resirkulasi (RAS) seperti cuaca, kualitas air, suhu, pH, oksigen terlarut, dan kandungan kimia lainnya. Ketergantungan pada pakar juga menyulitkan petani untuk menentukan tindakan budidaya yang cepat dan terukur. Solusi pertama yang ditawarkan adalah pengembangan aplikasi sistem cerdas berbasis kecerdasan buatan (sistem pakar) untuk mendukung pengelolaan parameter RAS secara efisien. Uji coba menunjukkan 95% responden merasa aplikasi ini memenuhi kebutuhan mereka. Solusi kedua adalah peningkatan kapasitas petani ikan hias air tawar melalui pelatihan dan pendampingan, dengan hasil 90% responden berhasil mempraktikkan teknik baru di lokasi budidaya mereka. Inovasi ini berpotensi meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan budidaya ikan air tawar di Kabupaten Tulungagung.

**Kata Kunci:** Sistem Akuakultur Resirkulasi; Sistem Pakar; Teknik budidaya ikan hias

#### **Abstract**

*Freshwater fish farming in Indonesia plays a crucial role in supporting food security and the economy. UD Tirta Mas Agung Abadi, based in East Java, is a key player in the breeding and cultivation of freshwater ornamental fish, as well as providing feed and aquaculture equipment. The main challenge lies in the complexity of parameters in the recirculating aquaculture system (RAS), such as weather, water quality, temperature, pH, dissolved oxygen, and other chemical contents. The reliance on experts also makes it difficult for farmers to take quick and measured actions in aquaculture management. The first solution proposed is the development of an intelligent system application based on artificial intelligence (expert systems) to efficiently manage RAS parameters. Trials have shown that 95% of respondents found the application met their needs. The second solution involves enhancing the capacity of freshwater ornamental fish farmers through training and mentoring, with 90% of respondents successfully implementing new techniques at their farming locations. These innovations have the potential to improve the efficiency and sustainability of freshwater fish farming in Tulungagung Regency.*

**Keyword:** Recirculation Aquaculture System; Expert System; Ornamental fish farming techniques

Submitted: 2025-01-23

Revision: 2025-02-22

Accepted: 2025-04-12



## LATAR BELAKANG

Budidaya ikan air tawar merupakan sektor penting dalam ketahanan pangan dan ekonomi di Indonesia. UD Tirta Mas Agung Abadi bergerak di industri budidaya ikan air tawar, terutama ikan hias. Selain itu, mitra juga memproduksi pasokan pakan dan fasilitas terkait kebutuhan ikan hias air tawar dan merupakan salah satu industri terbesar di Jawa Timur. Berbagai jenis ikan dibudidayakan, termasuk koi, mas koki, cupang, diskus, molly, platy, pedang, guppy, arwana, dan banyak lagi (Lembang & Kuing, 2022). Mitra juga menawarkan sistem kerja sama yang menguntungkan bagi pembeli atau pembudidaya ikan hias air tawar di daerah tersebut. Dalam kegiatan budidaya, pemberian perawatan yang sangat hati-hati menjadi sangat penting, karena ikan air tawar yang dibudidayakan memiliki nilai ekonomi dan kualitas yang sangat tinggi, yang menjadi perhatian utama. Semakin tinggi kualitasnya, semakin mahal harganya.

Ikan hias air tawar dulunya tidak dapat dibudidayakan seperti sekarang, sehingga harganya semakin tidak terjangkau. Bahkan, ikan hias dapat memiliki harga hingga puluhan juta rupiah. UD Tirta Mas Agung Abadi menggunakan Recirculation Aquaculture System atau sistem budidaya resirkulasi (RAS). Sistem budidaya ikan air tawar ini memanfaatkan kembali air kolam atau tangki melalui proses penyaringan dan pengolahan. RAS bertujuan untuk mengembangkan penggunaan air tawar yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan (Susanti et al., 2021).

Gambar 1, 2, dan 3 menunjukkan salah satu instalasi budidaya ikan hias air tawar dan peralatan pendukung sistem RAS. Berbagai pengalaman, pembelajaran, dan pelatihan telah menghasilkan banyak eksperimen untuk budidaya ikan hias air tawar. Pengalaman dan hasil berbagai eksperimen ini memerlukan ahli atau pakar budidaya ikan air tawar, termasuk dari mitra ini. Sistem RAS memiliki berbagai variabel dan parameter yang saling terkait, termasuk kondisi lingkungan (Sukarno et al., 2023).

Mitra harus memiliki banyak pengetahuan dan pengalaman yang dapat dijadikan referensi bagi pembudidaya ikan hias air tawar di seluruh Indonesia.



**Gambar 1. Instalasi Budidaya Ikan Hias Air Tawar**

Masalah yang dihadapi oleh mitra UD Tirta Mas Agung Abadi adalah bahwa sistem RAS memiliki begitu banyak parameter dan filter sehingga menyulitkan dalam pelaksanaan budidaya ikan air tawar (Maldino et al., 2023)(Sari et al., 2022)(Pratama et al., 2020).



**Gambar 2. Salah Satu Alat yang Digunakan dalam Sistem RAS**

Para ahli tidak dapat menjangkau semua keahlian dengan banyaknya parameter, termasuk yang terkait dengan cuaca, kondisi air, kekerasan air, kandungan garam, suhu, pH, oksigen terlarut, amonia, kecerahan, nitrit, nitrat, karbon dioksida, jenis ikan, ukuran, jumlah ikan, dan sebagainya (Ranjan et al., 2022)(Sandisasmita & Elinah, 2024). Saat ini, hanya ada beberapa ahli dalam budidaya ikan air tawar, terutama ikan hias dengan harga tinggi. Peralatan untuk budidaya ikan air tawar juga sangat mahal, terutama yang menggunakan pengukuran melalui sensor (Sukarno et al., 2023). Hal ini menjadi masalah bagi petani lokal sehingga diperlukan transfer teknologi.

Setiap ahli telah mengumpulkan pengetahuan dan pengalaman selama bertahun-tahun untuk memberikan tindakan yang tepat demi keberhasilan budidaya (Dwi Hari Setyono et al., 2021). Sementara itu, terdapat banyak alat yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter tersebut (Maldino et al., 2023). Parameter budidaya juga berbeda di setiap wilayah. Pengalaman dan luasnya pengetahuan yang terkumpul selama bertahun-tahun tidak dapat dengan cepat memberikan tindakan dalam budidaya ikan air tawar.



**Gambar 3. Salah Satu Alat Pengukur Parameter dalam Sistem RAS**

Masalah kedua adalah bahwa sejauh ini petani masih bergantung pada ahli untuk menentukan tindakan yang tepat dan terukur untuk budidaya. Hal ini karena pada masa sebelum akses media sosial semudah sekarang, sangat sulit untuk membudidayakan ikan hias air tawar, termasuk harga bibit ikan yang harus diimpor dari luar negeri sehingga hanya sedikit pembudidaya yang berhasil membiakkan ikan hias air tawar sementara permintaan pasar terus meningkat. Petani ikan yang baru memulai ingin mengembangkan usaha mereka namun kesulitan mendapatkan pengalaman dan pengetahuan dari para ahli.

Sehubungan dengan masalah tersebut, solusi pertama adalah mengenai masalah mitra dalam hal tindakan yang tepat, terukur, dan cepat dalam proses RAS melalui keluaran kecerdasan buatan, dalam hal ini sistem pakar (expert system). Ini juga menjadi solusi bagi petani lokal yang tidak memerlukan uang untuk membeli peralatan yang mendukung sistem RAS. Tiga variabel yang harus diperhatikan adalah hasil pengukuran dari peralatan, pengetahuan ahli, dan pengalaman ahli dalam membudidayakan ikan hias air tawar. Solusi kedua adalah untuk menyediakan ketahanan budidaya ikan air tawar bagi petani ikan hias air tawar di wilayah Kabupaten Tulungagung.

Salah satu komponen parameter yang paling penting adalah kualitas air, di mana kualitas air berbeda untuk setiap jenis ikan (Pratama et al., 2020). Penelitian (Halim et al., 2021) telah mengkaji kualitas air, sehingga hasil penelitian tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan tindakan dalam sistem RAS. Sistem pakar kecerdasan buatan adalah program komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan seorang ahli dalam memecahkan masalah di bidang tertentu. Sistem ini menggunakan basis pengetahuan yang berisi fakta, aturan, dan penalaran yang dikumpulkan dari para ahli di bidang terkait. Manfaat dari sistem pakar adalah meningkatkan aksesibilitas, efisiensi, konsistensi, dan dokumentasi. Sistem pakar kecerdasan buatan ini dapat belajar dan meningkatkan kemampuannya berdasarkan pengetahuan yang diperoleh dari para ahli.

Algoritma yang digunakan dalam sistem pakar kecerdasan buatan ini mencakup aturan produksi, rantai maju, rantai mundur, logika fuzzy, dan sebagainya. Pemrakarsa menggunakan algoritma kecerdasan buatan yaitu sistem pakar. Tahapan pertama untuk sistem pakar adalah akuisisi pengetahuan. Tahap ini melibatkan pengumpulan pengetahuan dari para ahli dibidang budidaya ikan hias air tawar. Tahapan kedua adalah representasi pengetahuan. Tahapan ini menggunakan basis pengetahuan yang disimpan dalam database menggunakan mySQL. Tahapan selanjutnya adalah Inferensi. Sistem pakar yang digunakan menggunakan inferensi *forward chaining* untuk Penelitian Implementasi Pengabdian Masyarakat. Algoritma ini dimulai dengan kumpulan fakta dan kemudian menerapkan aturan secara berurutan untuk menarik kesimpulan. Dalam penelitian (Rahajoe et al., 2022), pemilihan maju memiliki tahap aturan pencarian yang sama dengan *forward chaining*, yaitu dimulai dari data yang ada kemudian mencapai kesimpulan.

Pilihan pendekatan *forward chaining* untuk implementasi pada mitra adalah berdasarkan data yang diperoleh dari alat yang digunakan dalam RAS serta kondisi cuaca dan udara, kemudian menetapkan aturan untuk menyimpulkan tindakan budidaya ikan hias air tawar. Tindakan yang tepat dan strategi pemasaran yang baik akan meningkatkan produksi mitra.

Sosialisasi, penyediaan, dan pendampingan untuk solusi kedua ini adalah tindak lanjut dari manajemen, pemasaran, dan peningkatan kualitas melalui sistem pakar kecerdasan buatan menuju peningkatan nilai tambah produk budidaya dan diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan petani ikan hias air tawar serta daya saing produk ikan hias Indonesia di pasar global. Strategi pemasaran diperlukan untuk meningkatkan hasil budidaya (Rahajoe, Safeyah, et al., 2023). Pemrakarsa utama memiliki rekam jejak penelitian *forward chaining* (Rahajoe et al., 2022). Ketua juga memiliki penelitian tentang kecerdasan buatan dalam mendeteksi gambar (Ani Dijah Rahajoe et al., 2023)(Rahajoe, Wibowo, et al., 2023). Anggota 1 juga memiliki rekam jejak penelitian tentang budidaya ikan untuk teknologi pangan

(Alfid Kurnianto et al., 2023) dan anggota 2 memiliki bidang dalam teknik budidaya perikanan (Halim et al., 2021).

### **METODE PELAKSANAAN**

Data yang digunakan diperoleh melalui wawancara dengan mitra yang memiliki pengalaman dalam budidaya. Aplikasi sistem pakar menggunakan bahasa pemrograman Python dan terhubung dengan tampilan situs web.

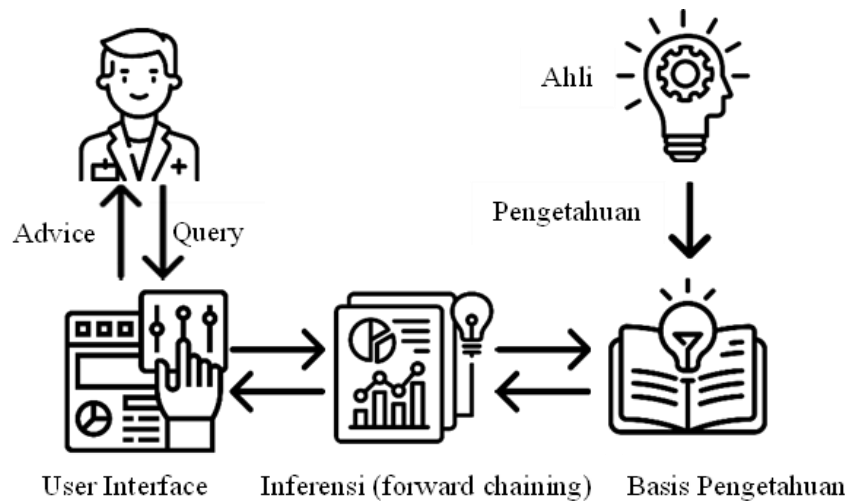
Metode pelaksanaan terdiri dari tahapan implementasi untuk dua masalah prioritas. Tahapan yang diambil untuk mengimplementasikan solusi yang ditawarkan dalam mengatasi masalah mitra adalah sebagai berikut:

1. Observasi: Tujuan dari observasi ini adalah untuk menemukan masalah mitra dalam merawat budidaya ikan hias air tawar dengan sistem RAS
2. Pengumpulan data: Pengumpulan data ini mencakup parameter yang digunakan dalam alat pengukuran secara manual maupun melalui sensor. Mengumpulkan data pengolahan sistem RAS dari ahli atau pakar di bidangnya untuk membentuk aturan yang dapat diadopsi oleh sistem. Wawancara dilakukan dengan mitra dan karyawan yang memiliki pengalaman dalam menghasilkan budidaya ikan liar air tawar yang berkualitas.
3. Analisis potensi dan masalah: Pada tahap ini, seluruh informasi dari observasi dan pengumpulan data dianalisis untuk melihat potensi dan masalah yang ada. Selanjutnya, kami memilah mana yang memiliki potensi dan mana yang menjadi hambatan.
4. Desain dan pembuatan sistem pakar kecerdasan buatan untuk budidaya ikan hias air tawar dengan sistem RAS. Desain ini didasarkan pada tiga variabel yang saling terkait dalam menghasilkan budidaya ikan hias air tawar dengan sistem RAS, yaitu hasil pengukuran instrumen parameter, pengetahuan ahli, dan pengalaman ahli dalam memberikan perlakuan budidaya selama bertahun-tahun.
5. Penyediaan dan penyuluhan mengenai sistem budidaya RAS kepada petani ikan hias air tawar lokal untuk meningkatkan kualitas produksi. Narasumber adalah anggota 2, seorang ahli sumber daya perikanan dan teknik budidaya perikanan, serta mitra dengan pengalaman tinggi dalam bidang ini.
6. Sosialisasi sistem pakar kecerdasan buatan untuk budidaya ikan hias air tawar dengan sistem RAS.
7. Tahap evaluasi kedua berkaitan dengan pemahaman petani lokal tentang budidaya sistem RAS dengan menilai praktik budidaya yang sesuai dengan kegiatan pelatihan sebelumnya. Kegiatan ini memberikan kelanjutan agar petani lokal dapat mandiri dalam menghasilkan ikan hias air tawar berkualitas lebih baik daripada sebelumnya.
8. Pembuatan laporan kegiatan, dokumentasi, dan video kegiatan.
9. Mempersiapkan makalah untuk publikasi terkait hasil penelitian, aplikasi kepada mitra dan petani lokal, serta hak kekayaan intelektual.

### **HASIL PENELITIAN**

Sistem pakar pada penelitian ini terlihat pada gambar 4. Tahapan dimulai dari pengambilan data kepakaran ahli budidaya ikan hias kemudian disimpan pada basis pengetahuan. Selanjutnya diolah di inferensi berdasarkan metode *Forward Chaining*. Pengguna yang bukan ahlinya selanjutnya berhubungan dengan *User Interface*. Tabel 1 adalah

sebagian pertanyaan yang disusun oleh pakar. Pertanyaan tersebut akan berkembang lebih lanjut yang disesuaikan dengan perkembangan teknologi sistem RAS.



**Gambar 4. Alur Sistem Pakar**

Hasil aplikasi sistem cerdas dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7. Gambar 5 menunjukkan tampilan awal pada situs web. Gambar 6 menunjukkan pertanyaan yang harus dijawab oleh pengguna untuk membangun sistem RAS. Gambar 7 adalah jawaban dari sistem pakar RAS yang dapat dilengkapi oleh pengguna. Sosialisasi sistem setelah implementasi menunjukkan bahwa pengguna dapat memahami proses yang digunakan dalam sistem cerdas RAS. Pengguna juga dapat segera mengetahui apa yang perlu dilengkapi jika mereka tidak memenuhi alat pendukung sistem RAS.

**Tabel 1. Pertanyaan yang telah disusun oleh pakar**

No	Pertanyaan
1	Apakah listrik tersedia 24 jam?
2	Apakah tersedia air bagus tersebut?
3	Apakah tersedia pakan ternak dengan protein dan lemak sedikit?
4	Apakah air telah dimurnikan dengan oksigen?
5	Perlakuan debit air konstan?
6	Air disinari UV ?
7	Derajat sinar UV 200-280 derajat celcius?
8	Temperatur air 25-32 derajat celcius?
9	PH air 6,5-8,5 ?
10	Oksigen Terlarut >5?
11	Kecerahan air 30-40?
12	Nilai ukur ammonia (NH3) 0,002 ppm
13	Apakah memilii kolam sedimen?
14	Apakah TDS (Total Disolved Solution 200>=1500mg/liter?)
15	Apakah tersedia cahaya sepanjang waktu?

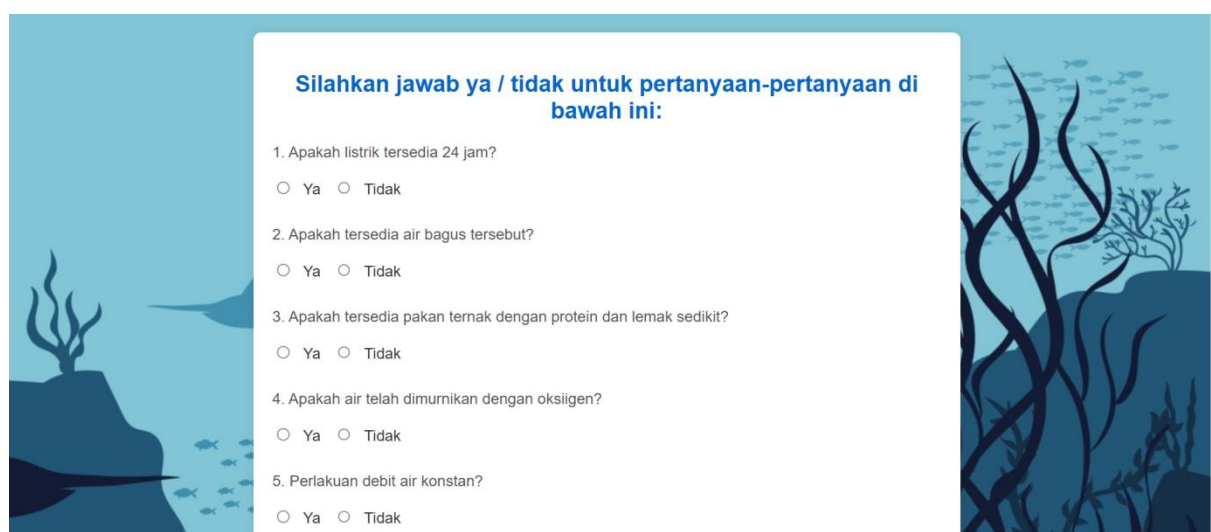


Kegiatan ini dapat difokuskan pada:

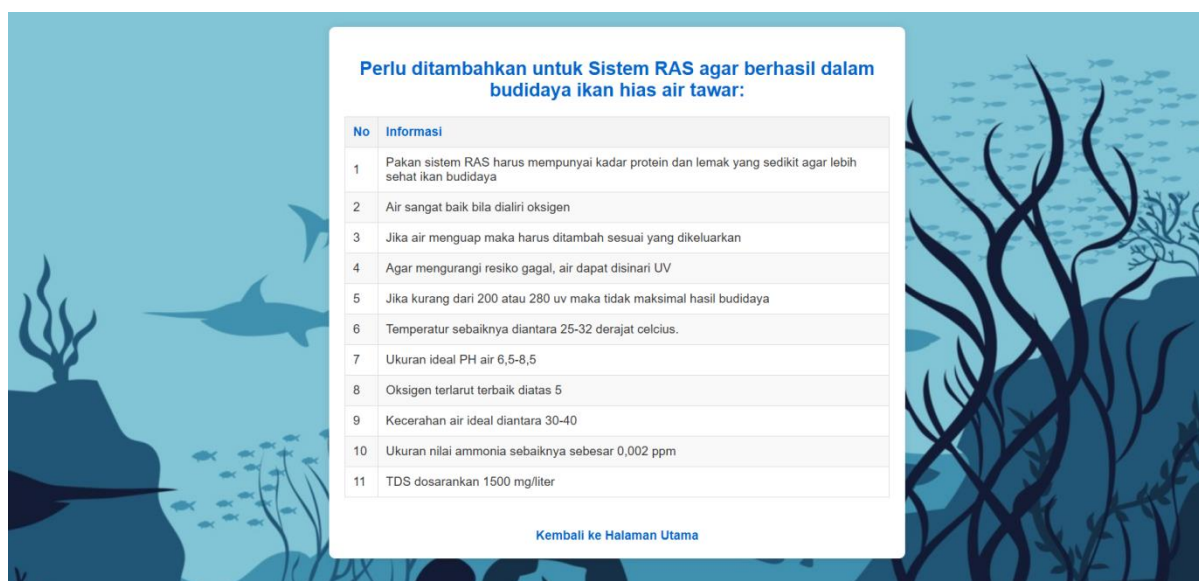
1. Pengembangan Teknologi: Menggunakan teknologi modern dalam budidaya dapat meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas ikan hias. Pengembangan teknologi ini selain melalui peralatan, juga berasal dari aplikasi sistem cerdas yang telah dibuat.
2. Pelatihan dan Pendidikan: Memberikan pelatihan dan pendidikan kepada para pembudidaya sangat penting untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka.
3. Kolaborasi Antar Pemangku Kepentingan: Kolaborasi antara pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat sangat penting untuk menciptakan ekosistem budidaya yang berkelanjutan.
4. Pengembangan Pasar: Upaya perlu dilakukan untuk memperluas pasar domestik dan internasional dengan strategi pemasaran yang tepat
5. Konservasi Lingkungan: Kegiatan budidaya harus dilakukan secara berkelanjutan dengan memperhatikan aspek lingkungan agar tidak merusak ekosistem.



Gambar 5. Tampilan situs web sistem pakar RAS dalam bahasa Indonesia



Gambar 6. Beberapa pertanyaan yang harus dijawab oleh petani ikan hias air tawar.



**Gambar 7. Jawaban sistem pakar RAS**

### PEMBAHASAN

Hasil implementasi sistem pakar dalam mendukung budidaya ikan hias air tawar dengan pendekatan Recirculating Aquaculture System (RAS) menunjukkan kemudahan penggunaan dalam memahami sistem RAS (Hakim & Rizky, 2019). Dengan metode inferensi forward chaining (Silmi et al., 2013)(Sapriadi et al., 2023)(Priskila, 2024), sistem mampu memberikan rekomendasi berbasis data parameter lingkungan yang diukur secara langsung dari kolam serta pengetahuan dan pengalaman pakar yang telah dikumpulkan dalam basis pengetahuan (Baco & Kurniawati, 2022)(Aristoteles et al., 2015).

Efektivitas sistem pakar ini tercermin dari tanggapan positif para pengguna, di mana 95% responden menyatakan bahwa aplikasi ini sangat membantu dalam pengambilan keputusan budidaya. Keunggulan sistem terletak pada kemampuannya mengintegrasikan data sensor, informasi cuaca, dan variabel kualitas air seperti pH, suhu, oksigen terlarut, hingga amonia secara komprehensif dalam sebuah antarmuka yang ramah pengguna (Sukarno et al., 2023)(Rohmat et al., 2021).

Selain pengembangan sistem pakar, pelatihan dan pendampingan kepada petani ikan juga memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan kompetensi mereka. Sebanyak 90% dari peserta pelatihan mampu menerapkan teknik budidaya baru yang telah disosialisasikan, mencerminkan keberhasilan transfer pengetahuan dari pakar kepada praktisi di lapangan.

Penerapan sistem pakar ini tidak hanya berdampak pada aspek teknis produksi, tetapi juga mendukung efisiensi biaya, karena mengurangi ketergantungan terhadap peralatan mahal yang biasanya hanya tersedia pada budidaya skala besar (Prasojo & Abdullah, 2024)(Sapriadi et al., 2023)(Ciptadi & Mustafidah, 2014). Sistem ini juga menawarkan solusi yang dapat diakses secara daring, memungkinkan pemerataan manfaat teknologi hingga ke wilayah yang sebelumnya sulit dijangkau (Elfani & Pujiyanta, 2013).

Sinergi antara teknologi dan edukasi menjadi kunci dalam menciptakan sistem budidaya yang berkelanjutan (Tarigan et al., 2024)(Sugihono et al., 2024). Dalam jangka panjang, pengembangan fitur lanjutan seperti integrasi pemantauan real-time, analisis tren parameter, dan sistem peringatan dini (early warning system) akan semakin memperkuat



kebermanfaatan aplikasi ini dalam skala nasional. Kolaborasi berkelanjutan dengan pemerintah daerah dan instansi terkait juga perlu terus ditingkatkan untuk memperluas dampak dan memastikan keberlanjutan program.

### **SIMPULAN DAN SARAN**

Sebanyak 95 persen responden menyatakan bahwa sistem pakar RAS telah membantu dalam budidaya ikan hias air tawar. Dan 90 persen responden membutuhkan kegiatan pendampingan. Metode evaluasi sistem menggunakan validasi Ahli dari UD Tirta Mas Abadi. UD Tirta Mas Abadi merupakan salah satu budidaya ikan hias air tawar sistem RAS. Kriteria yang digunakan dalam penilaian adalah akurasi pengetahuan, keandalan inferensi, kegunaan antarmuka pengguna dan kemampuan untuk menjelaskan sistem pakar tersebut. Selain itu kriteria kepuasan pengguna dan penerimaan oleh pakar. Kriteria keberhasilan kegiatan ini tidak hanya membantu lingkungan budidaya ikan hias air tawar di daerah Tulungagung, tetapi juga di wilayah perairan dengan kondisi tanah dan udara yang serupa. Aplikasi ini dibuat dalam bentuk situs web, sehingga aksesnya tidak hanya tersedia bagi mitra, tetapi juga dapat digunakan di seluruh wilayah. Petani ikan membutuhkan pendampingan untuk meningkatkan keberhasilan produksi ikan hias air tawar. Kegiatan pengabdian masyarakat ini masih memerlukan dukungan kebijakan dari pemerintah daerah. Budidaya ikan hias air tawar memiliki potensi besar untuk menjadi salah satu sektor unggulan di Indonesia. Namun, upaya bersama dari berbagai pihak diperlukan untuk mengatasi tantangan yang ada dan mencapai potensi ini. Dengan pengelolaan yang baik dan berkelanjutan, budidaya ikan hias dapat memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang signifikan bagi masyarakat Indonesia.

Sebagai tindak lanjut, pengembangan sistem pakar RAS perlu terus ditingkatkan agar lebih sesuai dengan kebutuhan petani, termasuk dengan menambahkan fitur-fitur baru yang dapat membantu dalam pemantauan parameter budidaya secara real-time. Kerjasama dengan pemerintah daerah juga perlu diperkuat, terutama dalam penyediaan dukungan kebijakan dan anggaran untuk memastikan keberlanjutan program. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk memahami tantangan spesifik di berbagai lokasi, sehingga solusi yang diberikan lebih efektif.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini didukung secara finansial oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur SPP/207/UN.63.8/LT/VI/2024. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih atas pendanaan dan dukungan untuk penelitian ini.

### **DAFTAR RUJUKAN**

- Alfid Kurnianto, M., Syahbanu, F., Hamidatun, H., Defri, I. & Aristya Sanjaya, Y. (2023). Prospects of bioinformatics approach for exploring and mapping potential bioactive peptide of Rusip (The traditional Indonesian fermented anchovy): A Review. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 6(2), 116–133. <https://doi.org/10.21776/ub.afssaae.2023.006.02.3>
- Ani Dijah Rahajoe, Subekti, M. R. A. & Suriansyah, M. (2023). Real-Time Drowsy Face Detection for Online Learning Based on Random Forest and Decision Tree Algorithms. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 4(6), 1549–1554. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2023.4.6.1554>
- Aristoteles, Wardiyanto & Pratama, A. A. (2015). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Ikan Budidaya Air Tawar dengan Metode Forward Chaining. *Jurnal Komputasi*, 3(2), 99–108.

- Baco, S. & Kurniawati, D. (2022). IKAN LELE MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING. *Jurnal Teknologi Komputer*, 2(2).
- Ciptadi, W. A. & Mustafidah, H. (2014). Pengembangan Sistem Pakar untuk Menentukan Pakan yang Tepat bagi Ikan Berdasarkan Jenis dan Umur Ikan Menggunakan Metode Backward Chaining ( Development of Expert System to Determine Fish Appropriate Feed Based on Variety and Age of. *JUITA*, 3(November), 95–102.
- Dwi Hari Setyono, B., Junaidi, M., Scabra, A. R. & Kaswadi, H. (2021). PERBAIKAN KUALITAS LINGKUNGAN PADA BUDIDAYA IKAN NILA DI DESA SOKONG KECAMATAN TANJUNG KABUPATEN LOMBOK UTARA. *JURNAL PENGABDIAN PERIKANAN INDONESIA*, 1(1), 69–76.
- Elfani & Pujiyanta, A. (2013). Sistem pakar mendiagnosa penyakit pada ikan konsumsi air tawar berbasis website. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, 1(1), 42–50.
- Hakim, Z. & Rizky, R. (2019). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Mas Menggunakan Metode Certainty Factor Di UPT Balai Budidaya Ikan Air Tawar Dan Hias Kabupaten Pandeglang Banten. *JUTIS*, 7(2), 164–169.
- Halim, A. M., Krisnawati, M. & Fauziah, A. (2021). DINAMIKA KUALITAS AIR PADA PEMBESARAN UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) SECARA INTENSIF DI PT. ANDULANG SHRIMP FARM DESA ANDULANG KECAMATAN GAPURA KABUPATEN SUMENEP JAWA TIMUR. *Chanos Chanos*, 19(2), 143–153. [https://www.academia.edu/108529806/DINAMIKA\\_KUALITAS\\_AIR\\_PADA\\_PEMBESARAN\\_UDANG\\_VANNAMEI\\_Litopenaeus\\_vannamei\\_SECARA\\_INTENSIF\\_DI\\_PT\\_ANDULANG\\_SHRIMP\\_FARM\\_DESA\\_ANDULANG\\_KECAMATAN\\_GAPURA\\_KABUPATEN\\_SUMENEP\\_JAWA\\_TIMUR](https://www.academia.edu/108529806/DINAMIKA_KUALITAS_AIR_PADA_PEMBESARAN_UDANG_VANNAMEI_Litopenaeus_vannamei_SECARA_INTENSIF_DI_PT_ANDULANG_SHRIMP_FARM_DESA_ANDULANG_KECAMATAN_GAPURA_KABUPATEN_SUMENEP_JAWA_TIMUR)
- Lembang, M. S. & Kuing, L. (2022). EFEKTIVITAS PEMANFAATAN SISTEM RESIRKULASI AKUAKULTUR (RAS) TERHADAP KUALITAS AIR DALAM BUDIDAYA IKAN KOI (*Cyprinus rubrofuscus*). *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 12(2), 105–112. <https://doi.org/10.24319/jtpk.12.105-112>
- Maldino, M. F., Junaidi, M. & Lestari, D. P. (2023). PENGARUH KOMBINASI FILTER DENGAN SISTEM RESIRKULASI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP BENIH IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) EFFECT OF FILTER COMBINATION WITH RECIRCULATION SYSTEM ON GROWTH AND. *JURNAL RUAYA*, 11(1), 22–30.
- Prasojo, N. D. & Abdillah, M. Z. (2024). PERANCANGAN SISTEM PAKAR UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi (JURSISTEKNI)*, 6(3).
- Pratama, F. A., Harris, H. & Anwar, S. (2020). PENGARUH PERBEDAAN MEDIA FILTER DALAM RESIRKULASI TERHADAP KUALITAS AIR, PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP BENIH IKAN MAS (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, 15(March 2018), 95–104.
- Priskila, R. (2024). Implementasi Sistem Pakar Forward Chaining pada Deteksi Penyakit Tanaman Selada. *Jurnal Minfo Polgan*, 13, 241–253.
- Rahajoe, A. D., Mandyartha, E. P., Akbar, F., Setyaningsih, E. & Muttaqim, F. (2022). Comparison of Sequential Feature Selection Performance with Various Dimensional Data to Produce Optimal Classification. *IEEE Xplore*.
- Rahajoe, A. D., Safeyah, M. & Daniar, A. (2023). *Penguatan Branding UMKMGo-Digital Usaha Eka Yaya Tekstil Refbacks. 2022*, 2018–2020.
- Rahajoe, A. D., Wibowo, A. D., Agussalim, Aisyah, S., Sitanggang, D. & Turnip, A. (2023). Brain Drug Effect Detection on Impulsivity with Ensemble Bagged Trees Method. *2023 IEEE International Conference of Computer Science and Information Technology: The Role of Artificial Intelligence Technology in Human and Computer Interactions in the Industrial Era 5.0, ICOSNIKOM 2023*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICoSNIKOM60230.2023.10364487>
- Ranjan, R., Raju, S. N., Kumar, S. & Bathina, C. (2022). *Recirculating Aquaculture System Engineering: Design, components and construction*. 19–36.
- Rohmat, A., Dermawan, B. A., Voutama, A. & Gunadi, B. (2021). Sistem Pakar Penentuan Jenis Budidaya Ikan Air Tawar Berdasarkan Lokasi dan Kualitas Air. *Jurnal Teknologi Dan Informasi (JATI)*, 11(September), 96–110. <https://doi.org/10.34010/jati.v11i2>
- Sandiasmita, P. & Elinah. (2024). PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM RESIRKULASI AKUAKULTUR (RAS) TERHADAP KUALITAS AIR DAN PRODUKSI IKAN. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(3), 9388–9393.
- Sapriadi, S., Syaputra, A. E., Eirlangga, Y. S., Manurung, K. H. & Hayati, N. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Gaya Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 5(3), 5–10. <https://doi.org/10.60083/jidt.v5i3.381>
- Sari, W. P., Zaidy, A. B., Haryadi, J. & Krettiawan, H. (2022). Efektivitas Jenis Filter pada Sistem Resirkulasi terhadap Kualitas Air dan Pertumbuhan Panjang Benih Pangasionodon *hyphophthalmus* [ Effectivity of

- Filter Types in Recirculation System on The Water Quality and The Growth of *Pangasionodon hypophthalmus* ]. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 16(2), 205–219.
- Silmi, M., Eko, D., Sarwoko, A., Kom, M., Kushartantya, D., Komp, M. I., Pengajar, S., Ilmu, J., Informatika, K. & Undip, F. S. M. (2013). Sistem Pakar Berbasis Web dan Mobile Web untuk Mendiagnosis Penyakit Darah pada Manusia dengan menggunakan Metode Inferensi Forward Chaining. *Journal of Informatics and Technology (JOINT)*, 2(3), 1–8.
- Sugihono, C., Hariadi, S. S. & Wastutiningsih, S. P. (2024). Integrasi Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Meningkatkan Layanan Penyuluhan Pertanian Integrating Information and Communication Technology to Enhance Agricultural Extension Services. *Jurnal Penyuluhan*, 20(02), 178–190.
- Sukarno, R., Ramadhan, M. F., Andriansyah, F., Adigutama, Y., Syamsuir & Sampurno, H. (2023). Sistem Resirkulasi Air Otomatis Untuk Penghematan Air Bersih Dan Energi Pada Budidaya Ikan Nila. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 9, 43–52. <https://doi.org/10.21009/jkem.9.1.5>
- Susanti, Y. A. D., Pramudia, Z., Amin, A. A., Salamah, L. N., Yanuar, A. T. & Kurniawan, A. (2021). Peningkatan Produksi Pangan melalui Sistem Integrasi Teknologi Aquaponics-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) pada Budidaya Ikan Lele di Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban. *Rekayasa*, 14(1), 121–127. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10254>
- Tarigan, A. R., Pertiwi, M. B., Ramadhana, M. R. & Handayani, D. P. (2024). Optimalisasi Budidaya Perikanan Berkelanjutan Melalui Integrasi Recirculating Aquaculture System Kabupaten Sleman. *Jurnal Parikesit*, 2(2), 409–421.