

## **PENERAPAN *RULE-BASED EXPERT SYSTEM* UNTUK REKOMENDASI UMPAN BERDASARKAN SPESIES IKAN DAN KONDISI PERAIRAN DI LAUT MANADO**

**Sanriomi Sintaro<sup>1)</sup>, Luther Alexander Latumakulita<sup>2)</sup>, Vederico Pitsalitz Sabandar<sup>3)</sup>**

<sup>1,2</sup>Prodi Sistem Informasi, Fakultas MIPA, Universitas Sam Ratulangi

<sup>3</sup>Prodi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura

Correspondence author: S. Sintaro, sanriomi@unsrat.ac.id, Manado, Indonesia

### **Abstract**

Capture fisheries are an important economic sector for coastal communities in the Manado region. One of the key factors influencing fishing success is the selection of appropriate bait. Choosing the correct bait can significantly improve catch efficiency, while incorrect bait selection may reduce fishing effectiveness. In practice, bait selection among local fishermen still relies heavily on traditional knowledge passed down orally or gained through personal experience, which is not always easily accessible to novice fishermen. This study aims to develop a Rule-Based Expert System that provides bait selection recommendations to support fishing activities around Manado. The system was designed by incorporating practical knowledge from experienced fishermen obtained through semi-structured interviews and field observations. The parameters used in the system include target fish species, water depth, sea current strength, and season. The Rule base was constructed based on various combinations of these parameters and implemented as a web-based application using PHP programming language. Testing results show that the system achieves a 90% accuracy rate in providing recommendations based on validation conducted with local fishermen. Further evaluation indicates that the system is considered easy to use and beneficial as a decision-support tool for bait selection, particularly for novice fishermen. Additionally, the fishermen provided positive feedback for future system enhancements, suggesting the inclusion of additional contextual factors such as weather conditions and lunar phases. In conclusion, the developed Rule-Based Expert System has significant potential to support more efficient and sustainable fishing practices in the waters around Manado and facilitate knowledge transfer to the next generation of fishermen.

**Keywords:** *Expert System, rule-based, bait recommendation, capture fisheries, manado sea*

### **Abstrak**

Perikanan tangkap merupakan sektor ekonomi yang sangat penting bagi masyarakat pesisir di wilayah Manado. Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi hasil tangkapan ikan adalah pemilihan umpan yang tepat. Umpan yang sesuai dapat meningkatkan peluang keberhasilan penangkapan, sementara pemilihan umpan yang kurang sesuai dapat menyebabkan penurunan efisiensi usaha penangkapan. Dalam praktiknya, pemilihan umpan oleh nelayan di wilayah

ini masih sangat bergantung pada pengetahuan tradisional yang diperoleh melalui pengalaman pribadi atau diwariskan secara lisan, sehingga tidak selalu mudah diakses oleh nelayan pemula. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah *Rule-Based Expert System* yang dapat memberikan rekomendasi pemilihan umpan untuk mendukung kegiatan perikanan tangkap di perairan sekitar Manado. Sistem dirancang dengan mengadopsi pengetahuan praktis dari nelayan berpengalaman, yang diperoleh melalui proses wawancara semi-terstruktur dan observasi lapangan. Parameter yang digunakan dalam sistem meliputi spesies ikan target, kedalaman perairan, arus laut, dan musim. *Rule base* disusun berdasarkan kombinasi keempat parameter tersebut, kemudian diimplementasikan dalam sebuah aplikasi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan tingkat kesesuaian rekomendasi sebesar 90%, berdasarkan validasi yang dilakukan bersama nelayan di wilayah Manado. Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa sistem ini dinilai mudah digunakan, serta bermanfaat sebagai alat bantu dalam proses pengambilan keputusan terkait pemilihan umpan, terutama bagi nelayan pemula. Selain itu, nelayan memberikan masukan positif terkait pengembangan sistem ke depan, termasuk penambahan faktor-faktor lain seperti kondisi cuaca dan fase bulan. Dengan demikian, *Rule-Based Expert System* yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi besar untuk mendukung perikanan tangkap yang lebih efisien dan berkelanjutan di perairan sekitar Manado, serta membantu proses transfer pengetahuan kepada generasi nelayan baru.

**Kata Kunci:** sistem pakar, *rule-based*, rekomendasi umpan, perikanan tangkap, laut manado

## A. PENDAHULUAN

Perikanan tangkap berbasis pancing merupakan salah satu sektor yang memiliki peran strategis dalam mendukung perekonomian masyarakat pesisir di Sulawesi Utara (Mahaji et al., 2024). Aktivitas ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pendapatan nelayan, tetapi juga turut menjaga ketahanan pangan serta mendorong pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan. Salah satu faktor penentu keberhasilan dalam perikanan tangkap adalah pemilihan umpan yang tepat dan sesuai dengan spesies ikan target serta kondisi perairan yang dihadapi (Eighani et al., 2018; Samarasinghe Gunasekara et al., 2024).

Setiap spesies ikan memiliki preferensi spesifik terhadap jenis umpan, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor

lingkungan, seperti musim, arus laut, serta kedalaman perairan (Santos et al., 2023). Namun, dalam praktiknya, pemilihan umpan masih sangat bergantung pada intuisi dan pengalaman subjektif nelayan, yang umumnya diperoleh melalui proses *trial-and-error* atau diwariskan secara lisan antar generasi (de Sousa et al., 2022). Ketergantungan pada pengetahuan yang tidak terdokumentasi ini menyebabkan adanya kesenjangan pengetahuan antar nelayan dan seringkali menurunkan efisiensi kegiatan penangkapan, terutama bagi nelayan pemula atau yang baru beroperasi di wilayah tertentu (Zornu et al., 2023).

Seiring dengan berkembangnya teknologi informasi dan kecerdasan buatan, berbagai upaya telah dilakukan untuk mentransformasikan pengetahuan praktis menjadi sistem yang dapat diakses secara lebih luas. Dalam beberapa tahun terakhir,

penerapan *Expert System* (M. & Mariappan, 2020), khususnya *Rule-Based Expert System*, telah menunjukkan potensi yang signifikan di berbagai bidang, termasuk bidang perikanan. Sistem ini memungkinkan kodifikasi pengetahuan pakar ke dalam aturan-aturan yang dapat diproses oleh komputer, sehingga menghasilkan rekomendasi yang sistematis dan konsisten (Mohale et al., 2024).

Penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan *Expert System* di berbagai aspek perikanan, seperti prediksi musim penangkapan ikan, identifikasi spesies ikan melalui citra digital, dan pemantauan kondisi lingkungan laut. Misalnya, Hatzilygeroudis et al. (2023) mengembangkan sistem pakar untuk diagnosis penyakit ikan budidaya yang mampu menangani berbagai jenis penyakit berdasarkan data citra dan non-citra, serta hasil uji molekuler (Hatzilygeroudis et al., 2023). Selain itu, Mandal et al. (2025) membahas peran kecerdasan buatan dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan alat tangkap serta peralatan perikanan, dengan menyoroti bagaimana AI dapat membantu nelayan dalam membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan data lingkungan (Mandal et al., 2025). Namun, kajian yang secara spesifik mengembangkan sistem rekomendasi pemilihan umpan berbasis parameter lokal, khususnya untuk kondisi perairan di Sulawesi Utara, masih sangat terbatas. Mayoritas penelitian terdahulu lebih berfokus pada aspek makro seperti distribusi stok ikan atau prediksi hasil tangkapan, bukan pada aspek mikro yang langsung berkaitan dengan strategi penangkapan.

Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan sebuah *Rule-Based Expert System* yang dirancang khusus untuk merekomendasikan jenis umpan optimal berdasarkan kombinasi parameter: spesies ikan target, arus air, musim, dan kedalaman perairan. Sistem ini mengadopsi pengetahuan praktis yang diperoleh dari wawancara dengan nelayan berpengalaman di Sulawesi Utara, serta data

dari literatur terkait, sehingga memiliki kekuatan kontekstual yang tinggi. Selain itu, sistem ini didesain agar mudah diperbarui dan diperluas, sehingga dapat terus disesuaikan dengan dinamika pengetahuan lapangan.

Keunikan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada integrasi pengetahuan lokal ke dalam sistem formal berbasis aturan, yang sebelumnya belum banyak dieksplorasi dalam konteks pemilihan umpan (Jones et al., 2024). Sedangkan urgensi pengembangan sistem ini semakin meningkat seiring dengan tantangan yang dihadapi sektor perikanan, seperti penurunan produktivitas akibat perubahan iklim, meningkatnya biaya operasional, dan kebutuhan akan pengelolaan sumber daya yang lebih berkelanjutan. Dengan menyediakan alat bantu berbasis teknologi, diharapkan nelayan dapat meningkatkan efektivitas penangkapan, mengurangi pemborosan umpan, serta mempercepat proses pembelajaran bagi generasi baru nelayan.

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan prototipe *Rule-Based Expert System* yang dapat memberikan rekomendasi pemilihan umpan secara tepat dan sistematis, sesuai dengan kondisi perairan sekitar Manado dan preferensi spesies ikan setempat. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang dikembangkan, serta mengidentifikasi tantangan dan peluang pengembangan lebih lanjut menuju sistem rekomendasi perikanan yang berbasis kecerdasan buatan (Barange et al., 2018; Nababa et al., 2025).

## **B. METODE PENELITIAN**

Pada bagian ini dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perancangan, pengembangan, dan evaluasi *Rule-Based Expert System* untuk rekomendasi pemilihan umpan memancing

di perairan Manado (Kapoor et al., 2025). Metodologi penelitian ini mencakup proses pengumpulan data, identifikasi variabel yang berpengaruh, perumusan aturan (*Rule base*), perancangan arsitektur sistem, implementasi perangkat lunak, hingga pengujian dan validasi sistem (Hatzilygeroudis et al., 2023).

Pemilihan metodologi yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat merepresentasikan pengetahuan praktis nelayan secara akurat dan dapat digunakan secara efektif dalam kondisi lapangan (Jones et al., 2024). Oleh karena itu, pendekatan penelitian ini difokuskan pada proses rekayasa perangkat lunak berbasis pengetahuan (*knowledge-based system*) dengan melibatkan masukan langsung dari praktisi perikanan di wilayah studi (Kelly et al., 2022).

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan prototipe perangkat lunak (Khan, 2023). Pendekatan R&D dipilih karena penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memahami fenomena tertentu, tetapi juga untuk menghasilkan produk teknologi yang dapat diterapkan secara praktis, yaitu sistem rekomendasi umpan berbasis aturan (Kovas et al., 2023).

Proses pengembangan sistem dilakukan secara iteratif, dimulai dari tahapan pengumpulan dan analisis kebutuhan, perancangan *Rule base*, implementasi perangkat lunak, hingga tahap pengujian dan validasi sistem. Setiap tahapan melibatkan kolaborasi dengan nelayan berpengalaman sebagai pakar domain untuk memastikan bahwa pengetahuan yang diintegrasikan ke dalam sistem sesuai dengan praktik nyata di lapangan (Egessa et al., 2024).

Dengan menggunakan pendekatan R&D berbasis pengembangan prototipe, diharapkan hasil akhir dari penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teoritis dalam bidang sistem pakar, tetapi juga

memberikan manfaat praktis yang langsung dapat dirasakan oleh para pengguna (Alenezi & Akour, 2025), khususnya nelayan di perairan Sulawesi Utara.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk membangun *Rule base* yang akurat dan relevan dengan kondisi perikanan di perairan Sulawesi Utara. Data yang dikumpulkan meliputi pengetahuan pakar (nelayan berpengalaman), kondisi lingkungan perairan, serta preferensi spesifik spesies ikan terhadap jenis umpan. Proses pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama:

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis mengenai preferensi umpan berdasarkan spesies ikan dan kondisi perairan. Sumber literatur yang digunakan meliputi:

- Jurnal ilmiah terkait perikanan tangkap dan sistem pakar,
- Buku panduan pemancingan profesional,
- Laporan teknis perikanan dari lembaga penelitian perikanan nasional,
- Dokumentasi pemerintah daerah terkait potensi perikanan di Sulawesi Utara.

Hasil studi literatur digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang memengaruhi pemilihan umpan dan sebagai referensi awal dalam penyusunan aturan dasar sistem.

#### 2. Wawancara dengan Nelayan Berpengalaman

Wawancara semi-terstruktur dilakukan terhadap 10 nelayan berpengalaman yang beroperasi di wilayah pesisir Manado, Bitung, dan sekitarnya. Wawancara ini bertujuan untuk:

- Menggali pengetahuan praktis nelayan mengenai pemilihan umpan,
- Mengidentifikasi faktor-faktor yang mereka pertimbangkan saat menentukan umpan,

c. Mendapatkan contoh-contoh aturan praktis (if-then) yang biasa diterapkan dalam situasi perairan yang berbeda.

Beberapa temuan kunci yang didapatkan setelah melakukan wawancara adalah:

- a. Spesies ikan tertentu memiliki preferensi yang kuat terhadap jenis umpan tertentu tergantung Arus Laut dan Musim.
- b. Faktor kedalaman perairan sering menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan umpan hidup vs umpan mati.
- c. Praktik pemilihan umpan di Sulawesi Utara memiliki kekhasan lokal yang tidak selalu terdokumentasi dalam literatur.

### 3. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan mengikuti kegiatan penangkapan ikan di perairan sekitar Manado dan Bitung. Observasi dilakukan untuk:

- a. Memvalidasi informasi yang diperoleh dari wawancara,
- b. Mencatat langsung praktik pemilihan umpan di berbagai kondisi perairan,
- c. Mendokumentasikan jenis umpan yang digunakan serta hasil tangkapan yang diperoleh.

Observasi ini memberikan data empiris yang sangat membantu dalam penyusunan aturan sistem, terutama dalam memahami bagaimana kombinasi variabel memengaruhi efektivitas umpan dalam konteks nyata.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Variabel dan Parameter Sistem

Untuk mengimplementasikan sistem pakar berbasis aturan, variabel dan parameter yang telah diidentifikasi kemudian dirumuskan ke dalam bentuk aturan IF-THEN (Deepananda et al., 2016). Aturan-aturan ini merupakan representasi pengetahuan praktis yang diperoleh dari literatur, wawancara dengan nelayan, serta observasi lapangan. Setiap aturan dirancang untuk menghubungkan kombinasi kondisi

perairan dan spesies ikan target dengan jenis umpan yang paling sesuai.

Berdasarkan hasil pengumpulan data, wawancara dengan nelayan, serta studi literatur terkait, disusun *Rule base* sistem pakar untuk pemilihan umpan pada tiga spesies ikan target, yaitu Kakap Merah, Kerapu, dan Aji-aji. Setiap spesies memiliki karakteristik perilaku makan yang berbeda, sehingga parameter yang memengaruhi pemilihan umpan dapat beragam.

Pada pengembangan tahap ini, dipilih empat parameter utama yang paling berpengaruh, yaitu: Kedalaman Perairan, Arus Laut, Musim dan Ikan Target. Berikut disajikan Tabel 1, yang memuat *Rule base* untuk spesies Kakap Merah.

Tabel 1. *Rule base* Kakap Merah

| No | Kedalaman Perairan | Arus Laut | Musim       | Rekomendasi Umpan    |
|----|--------------------|-----------|-------------|----------------------|
| 1  | Dangkal            | Lemah     | Musim Udang | Udang Putih          |
| 2  | Dangkal            | Sedang    | Musim Cumi  | Cumi                 |
| 3  | Dangkal            | Kuat      | Semua Musim | Cumi                 |
| 4  | Sedang             | Lemah     | Musim Udang | Udang Putih          |
| 5  | Sedang             | Sedang    | Musim Cumi  | Cumi                 |
| 6  | Sedang             | Kuat      | Semua Musim | Cumi                 |
| 7  | Dalam              | Lemah     | Semua Musim | Ikan Hidup (Kembung) |
| 8  | Dalam              | Sedang    | Semua Musim | Cumi                 |
| 9  | Dalam              | Kuat      | Semua Musim | Cumi                 |

Kakap Merah yang ada pada Tabel 1, merupakan ikan demersal (dasar) yang dikenal sebagai predator oportunis. Pemilihan umpan sangat dipengaruhi oleh kedalaman perairan dan kondisi arus laut. Pada perairan dangkal dengan arus lemah, udang hidup merupakan pilihan utama. Pada arus kuat atau perairan lebih dalam, cumi yang memiliki aroma kuat lebih efektif menarik perhatian ikan. Ikan hidup seperti kembung digunakan terutama di perairan dalam dengan arus lemah. Selanjutnya, disajikan *Rule base* untuk spesies Kerapu

pada Tabel 2, yang memiliki karakteristik habitat dan pola makan yang berbeda dibandingkan Kakap Merah.

Tabel 2. *Rule base* Kerapu

| No | Kedalaman Perairan | Arus Laut | Musim       | Rekomendasi Umpan    |
|----|--------------------|-----------|-------------|----------------------|
| 1  | Dangkal            | Lemah     | Musim Udang | Udang Putih          |
| 2  | Dangkal            | Sedang    | Musim Udang | Udang Merah          |
| 3  | Dangkal            | Kuat      | Musim Cumi  | Cumi                 |
| 4  | Sedang             | Lemah     | Musim Cumi  | Cumi                 |
| 5  | Sedang             | Sedang    | Musim Cumi  | Cumi                 |
| 6  | Sedang             | Kuat      | Semua Musim | Ikan Hidup (Kembung) |
| 7  | Dalam              | Lemah     | Semua Musim | Ikan Hidup (Kembung) |
| 8  | Dalam              | Sedang    | Semua Musim | Ikan Hidup (Kembung) |
| 9  | Dalam              | Kuat      | Semua Musim | Ikan Hidup (Kembung) |

Pada Tabel 2, Kerapu khususnya Kerapu Tikus dan jenis karang lainnya, merupakan ikan yang hidup di sekitar struktur dasar seperti terumbu karang. Spesies ini cenderung responsif terhadap umpan alami yang disajikan di dekat dasar. Udang hidup, cumi, dan ikan hidup merupakan pilihan utama, dengan penyesuaian berdasarkan kekuatan arus dan ketersediaan umpan sesuai musim. Berikutnya disajikan *Rule base* untuk spesies Aji-aji pada Tabel 3, yang merupakan ikan pelagis aktif dan memiliki preferensi umpan yang cukup khas dibandingkan kedua spesies sebelumnya

Tabel 3. *Rule base* Aji-aji

| No | Kedalaman Perairan | Arus Laut | Musim            | Rekomendasi Umpan |
|----|--------------------|-----------|------------------|-------------------|
| 1  | Dangkal            | Lemah     | Musim Ikan Kecil | Ikan Teri Hidup   |
| 2  | Dangkal            | Sedang    | Musim Ikan Kecil | Ikan Teri Hidup   |
| 3  | Dangkal            | Kuat      | Musim Cumi       | Cumi              |
| 4  | Sedang             | Lemah     | Musim Cumi       | Cumi              |
| 5  | Sedang             | Sedang    | Musim Ikan Kecil | Ikan Teri Hidup   |
| 6  | Sedang             | Kuat      | Musim            | Cumi              |

| No | Kedalaman Perairan | Arus Laut | Musim            | Rekomendasi Umpan |
|----|--------------------|-----------|------------------|-------------------|
|    |                    |           | Cumi             |                   |
| 7  | Dalam              | Lemah     | Musim Ikan Kecil | Ikan Teri Hidup   |
| 8  | Dalam              | Sedang    | Semua Musim      | Ikan Teri Hidup   |
| 9  | Dalam              | Kuat      | Semua Musim      | Ikan Teri Hidup   |

Tabel 3 menjelaskan tentang Ikan Aji-aji (*Amberjack*) yang merupakan ikan pelagis yang aktif berenang di berbagai kolom perairan. Spesies ini sangat responsif terhadap umpan hidup, terutama ikan kecil seperti ikan teri. Pada musim cumi, cumi juga menjadi pilihan umpan efektif, terutama pada kondisi arus kuat di perairan dangkal hingga sedang.

Dengan demikian, *Rule base* yang disusun untuk ketiga spesies target ini mencerminkan kombinasi pengetahuan praktis dari nelayan lokal, data literatur, serta hasil observasi lapangan.

Aturan-aturan dalam Tabel-tabel yang ada akan disusun berdasarkan pengetahuan empiris dari nelayan setempat serta referensi yang diperoleh dari studi literatur. Dalam implementasinya, sistem akan mengevaluasi input yang diberikan oleh pengguna (nelayan atau operator sistem), kemudian mencocokkannya dengan aturan yang tersedia dalam *Rule base* untuk menghasilkan rekomendasi umpan yang paling sesuai dengan kondisi yang dihadapi. Faktor yang tidak digunakan seperti kondisi cuaca dilakukan karena umumnya nelayan menggunakan cuaca untuk berangkat atau tidak dan bukan untuk mengganti umpan.

### Perancangan *Rule base*

Perancangan *Rule base* merupakan tahap krusial dalam pengembangan *Rule-Based Expert System* untuk rekomendasi pemilihan umpan ikan. Pada tahap ini, pengetahuan yang diperoleh dari studi literatur, wawancara dengan nelayan, dan observasi lapangan dirumuskan ke dalam bentuk aturan IF-THEN.

Prinsip perumusan aturan dalam sistem pakar ini ditetapkan oleh peneliti

berdasarkan penggalian pengetahuan dari pakar (nelayan), data empiris lapangan, serta pertimbangan teknis agar aturan dapat diimplementasikan secara efektif dan fleksibel dalam perangkat lunak. Prinsip-prinsip ini juga didukung oleh studi yang menekankan pentingnya representasi pengetahuan dalam bentuk aturan IF-THEN yang eksplisit dan dapat dipelihara dengan mudah dalam pengembangan sistem pakar berbasis aturan (Talukdar et al., 2023).

Aturan-aturan ini dirumuskan secara eksplisit agar mudah dibaca, diprogram, dan diperbarui. Jika kombinasi parameter tidak ditemukan dalam *Rule base*, sistem dapat memberikan rekomendasi umum berdasarkan pengalaman nelayan. Format dapat dilihat pada Kode Program berikut pada Gambar 1.

```
IF (Spesies Ikan Target = X) AND (Kedalaman Perairan = Y) AND (Arus Laut = Z) AND (Musim = W)  
THEN (Rekomendasi Umpan = V)
```

Gambar 1. Format Logika

Pada Gambar 1, jika ikan yang dipilih adalah X dan Kedalaman dipilih adalah Y dan Arus laut yang dipilih adalah z dan musim yang dipilih adalah W maka data rekomendasi umpan yang akan dihasilkan adalah V.

Sumber penyusunan aturan yang digunakan didapat dari Pengetahuan pakar (nelayan berpengalaman di Manado dan Bitung), hasil observasi lapangan (Sun et al., 2022) dan Literatur teknis perikanan.

#### 1. Contoh Aturan IF-THEN per Spesies

Berikut adalah contoh aturan yang sudah diterapkan

- a. IF (Spesies Ikan Target = Kakap Merah) AND (Kedalaman Perairan = Sedang) AND (Arus Laut = Sedang) AND (Musim = Musim Cumi) THEN (Rekomendasi Umpan = Cumi)
- b. IF (Spesies Ikan Target = Kerapu) AND (Kedalaman Perairan = Dalam) AND (Arus Laut = Lemah) AND (Musim =

Semua Musim) THEN (Rekomendasi Umpan = Ikan Hidup - Kembung)

- c. IF (Spesies Ikan Target = Aji-aji) AND (Kedalaman Perairan = Dangkal) AND (Arus Laut = Sedang) AND (Musim = Musim Ikan Kecil) THEN (Rekomendasi Umpan = Ikan Teri Hidup)

Dengan demikian, struktur *Rule base* yang disusun diharapkan dapat menjadi fondasi awal bagi pengembangan sistem pakar rekomendasi pemilihan umpan yang adaptif dan berbasis pengetahuan lapangan, serta dapat diperluas dengan penambahan aturan baru seiring meningkatnya ketersediaan data empiris.

Setelah Perancangan *rule base* selesai, selanjutnya dilakukan proses pengembangan *Rule-Based Expert System* untuk rekomendasi pemilihan umpan ikan di perairan Manado, khususnya untuk tiga spesies target: Kakap Merah, Kerapu, dan Aji-aji. Sistem pakar berbasis aturan yang dikembangkan dalam penelitian ini diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PHP (Riyanto et al., 2023), dengan tujuan agar sistem dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web. Pemilihan PHP didasarkan pada fleksibilitas bahasa ini dalam pengembangan aplikasi web, kemudahan pengolahan form input, serta ketersediaan infrastruktur hosting yang luas dan terjangkau (Sintaro, Pandiangan, et al., 2023; Sintaro, Surahman, et al., 2023).

Dengan pendekatan ini, sistem pakar dapat diakses melalui antarmuka berbasis web, sehingga pengguna (misalnya nelayan atau praktisi perikanan) dapat dengan mudah mengoperasikan sistem menggunakan perangkat yang mendukung browser, seperti komputer, tablet, atau *smartphone* (Sintaro, 2022).

#### Implementasi Sistem

Bagian ini memaparkan proses implementasi sistem pakar berbasis aturan yang telah dikembangkan. Sistem ini diimplementasikan menggunakan bahasa

pemrograman PHP, yang dipilih karena fleksibilitasnya dalam pengembangan aplikasi web serta kemudahan integrasi dengan form input berbasis HTML, dengan penerapan logika IF-ELSE untuk mengelola *Rule base* yang telah disusun pada tahap sebelumnya.

### 1. Arsitektur Sistem

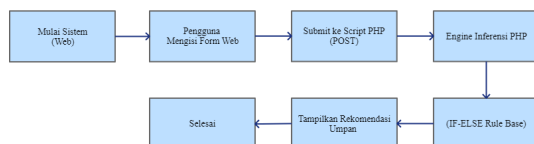
Arsitektur sistem terdiri atas tiga komponen utama:

- a. Antarmuka Pengguna (*Frontend*) dibangun menggunakan HTML + Form Input. Pengguna diminta mengisi parameter yang diperlukan, yaitu Spesies Ikan Target, Kedalaman Perairan, Arus Laut dan Musim.
- b. *Engine Inferensi (Backend)*, Dibangun menggunakan PHP. *Engine inferensi* memproses input pengguna dengan mencocokkan parameter terhadap *Rule base* yang telah dirumuskan, menggunakan struktur logika IF-ELSE. Hasil proses berupa rekomendasi jenis umpan akan dikirim kembali ke pengguna.

Output Sistem, Rekomendasi umpan ditampilkan secara langsung di halaman web sebagai hasil interaktif.

### 2. Diagram Alur Implementasi Sistem

Kemudian ditentukan alur dari sistem yang akan dikembangkan, berupa alur cara Menggunakan aplikasi mulai dari input hingga mendapatkan output yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur

Gambar 2 menjelaskan, pengguna memulai menggunakan sistem web dan mengisi form yang ada, kemudian menekan tombol submit. Setelah tombol submit ditekan, web akan membuka engine PHP dan PHP akan infrensi *Rule base* berdasarkan IF-ELSE, setelah hasil dapatkan

maka TampilanRekomendasi Umpan akan ditampilkan, Selesai.

### 3. Implementasi *Rule base*

Pada implementasi awal, *Rule base* diintegrasikan langsung di dalam script PHP menggunakan struktur IF-ELSE. Hal ini dilakukan untuk menjaga kesederhanaan dan kemudahan pemeliharaan sistem pada tahap awal pengembangan.

Berikut adalah contoh potongan kode PHP yang digunakan dalam sistem yang dapat dilihat pada Gambar 3.

```
<?php
$spesies = $_POST['spesies'];
$kedalaman = $_POST['kedalaman'];
$arus = $_POST['arus'];
$musim = $_POST['musim'];
$rekomendasi = "Belum ada rekomendasi untuk kombinasi ini.";

if ($spesies == "Kakap Merah") {
    if ($kedalaman == "Dangkal" && $arus == "Lemah" && $musim ==
"Musim Udadang") {
        $rekomendasi = "Udang Putih";
    } elseif ($kedalaman == "Dangkal" && $arus == "Sedang" && $musim
== "Musim Cumi") {
        $rekomendasi = "Cumi";
    } elseif ($kedalaman == "Dangkal" && $arus == "Kuat" && $musim
== "Semua Musim") {
        $rekomendasi = "Cumi";
    }
    // setelah baris ini, kita membuat kode aturan selanjutnya
} elseif ($spesies == "Kerapu") {
    // Aturan untuk Ikan Kerapu
} elseif ($spesies == "Aji-aji") {
    // Aturan untuk Ikan Aji-aji
}

echo "<h2>Rekomendasi Umpan:</h2>";
echo "<p>$rekomendasi</p>";
?>
```

Gambar 3. Potongan Kode PHP

Pada Gambar 3, terdapat contoh baris kode PHP, yang merupakan logika program dalam penelitian ini, kode tersebut dibuat berdasarkan *Rule base* yang sebelumnya sudah ditentukan, kemudian untuk Antarmuka Input digunakan HTML, Form input yang digunakan untuk menangkap parameter pengguna ditampilkan dalam halaman web menggunakan HTML sederhana yang dapat dilihat pada Gambar 4.

```
<form method="POST" action="proses_rule.php">
  <label>Spesies Ikan Target:</label>
  <select name="spesies">
    <option value="Kakap Merah">Kakap Merah</option>
    <option value="Kerapu">Kerapu</option>
    <option value="Aji-aji">Aji-aji</option>
  </select><br><br>
  <label>Kedalaman Perairan:</label>
  <select name="kedalaman">
    <option value="Dangkal">Dangkal</option>
    <option value="Sedang">Sedang</option>
    <option value="Dalam">Dalam</option>
  </select><br><br>
  <label>Arus Laut:</label>
  <select name="arus">
    <option value="Lemah">Lemah</option>
    <option value="Sedang">Sedang</option>
    <option value="Kuat">Kuat</option>
  </select><br><br>
  <label>Musim:</label>
  <select name="musim">
    <option value="Musim Ulang">Musim Ulang</option>
    <option value="Musim Cumi">Musim Cumi</option>
    <option value="Musim Ikan Kecil">Musim Ikan Kecil</option>
    <option value="Semua Musim">Semua Musim</option>
  </select><br><br>
  <input type="submit" value="Cari Rekomendasi Umpan">
</form>
```

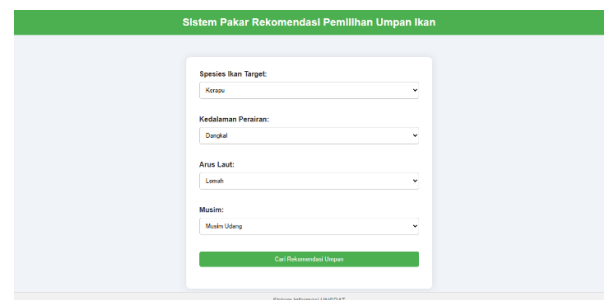
Gambar 4. Potongan Kode HTML

Pada Gambar 4, contoh kode HTML yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan. Saat ini, *Rule base* disimpan sebagai struktur logika yang ditanamkan langsung (*embedded*) di dalam kode PHP menggunakan pernyataan IF-ELSE. Pendekatan ini dipilih untuk tahap pengembangan awal (prototipe), dengan pertimbangan kemudahan implementasi dan pemeliharaan. Namun, seiring dengan bertambahnya jumlah aturan dan skenario yang perlu ditangani, direncanakan migrasi *Rule base* ke dalam basis data (database) atau knowledge base yang lebih terstruktur dan scalable, seperti MySQL atau sistem berbasis XML/JSON. Dengan migrasi ini, pengelolaan aturan akan menjadi lebih fleksibel, memungkinkan penambahan, pengubahan, atau penghapusan aturan tanpa harus memodifikasi kode sumber program secara langsung. Namun dalam penelitian ini, dengan implementasi menggunakan PHP berbasis web, sistem pakar yang dikembangkan memiliki keunggulan dari sisi aksesibilitas dan kemudahan penggunaan. Sistem dapat diakses melalui perangkat apa pun yang mendukung browser, tanpa perlu pengaturan software tambahan di sisi pengguna.

Kemudian, program yang sudah dibuat diletakkan di hosting yang akan menjadi hasil akhir dari program yang dibuat.

#### 4. Antarmuka Output

Hasil akhir dari proses inferensi ditampilkan secara langsung di halaman web, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami rekomendasi yang diberikan. Antarmuka output sistem menampilkan rekomendasi jenis umpan sesuai dengan kombinasi parameter yang diinputkan oleh pengguna (spesies ikan, kedalaman perairan, arus laut, dan musim). Contoh tampilan antarmuka sistem ditunjukkan pada Gambar 5, yang memperlihatkan halaman hasil rekomendasi setelah pengguna mengisi form input dan sistem memprosesnya melalui engine inferensi berbasis *Rule base*.



Gambar 5. Tampilan Pemilihan input

Pada Gambar 5 yang merupakan halaman antarmuka utama dari sistem pakar ini, dirancang dalam bentuk halaman web yang memuat formulir interaktif bagi pengguna. Pada halaman ini, pengguna diminta untuk memilih parameter-parameter utama yang memengaruhi pemilihan umpan ikan, yaitu spesies ikan target, kedalaman perairan, arus laut, dan musim. Setiap parameter ini telah dikaitkan dengan *rule base* yang disusun berdasarkan pengetahuan pakar dan hasil observasi lapangan. Untuk meningkatkan akurasi pemilihan dan meminimalisasi kesalahan input, halaman ini juga dilengkapi dengan mekanisme penyaringan dinamis menggunakan JavaScript, yang secara otomatis menyesuaikan pilihan pada setiap parameter sesuai dengan kombinasi yang valid di

dalam sistem. Dengan demikian, pengguna hanya dapat memilih kombinasi parameter yang sesuai dengan *rule base*, sehingga rekomendasi yang dihasilkan oleh sistem akan lebih relevan dan akurat. Halaman ini diimplementasikan menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript, serta terintegrasi dengan proses inferensi yang dijalankan melalui bahasa pemrograman PHP pada sisi server yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Hasil

Pada Gambar 6 yang merupakan halaman hasil rekomendasi, merupakan halaman diimplementasikan pada file `proses_rule.php`, berfungsi sebagai antarmuka output bagi pengguna setelah proses inferensi sistem pakar dijalankan. Pada halaman ini, sistem menampilkan hasil berupa jenis umpan yang direkomendasikan berdasarkan kombinasi parameter yang dipilih pengguna sebelumnya. Proses inferensi dilakukan dengan mencocokkan input pengguna terhadap *rule base* yang telah dirumuskan dalam bentuk aturan IF-THEN. Apabila kombinasi parameter sesuai dengan salah satu aturan dalam *rule base*, maka sistem akan menampilkan rekomendasi umpan yang relevan; sebaliknya, jika tidak ditemukan kecocokan, maka akan ditampilkan pesan yang menyatakan bahwa tidak terdapat rekomendasi untuk kombinasi tersebut. Tampilan halaman hasil ini dirancang secara sederhana namun informatif, dengan memanfaatkan elemen-elemen pemformatan visual yang disesuaikan menggunakan CSS. Informasi hasil rekomendasi disajikan di dalam sebuah kotak (result box) yang ditata agar mudah dibaca dan menarik secara

visual. Selain itu, halaman ini juga dilengkapi dengan tombol navigasi yang memungkinkan pengguna untuk kembali ke halaman form input (`index.html`) guna mencoba kombinasi parameter lain. Penyediaan navigasi ini bertujuan untuk meningkatkan interaktivitas sistem serta memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengeksplorasi berbagai kemungkinan rekomendasi yang tersedia di dalam sistem pakar.

Setelah tahap implementasi sistem selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan proses pengujian sistem untuk memastikan bahwa setiap aturan dalam *Rule base* berjalan sesuai dengan yang diharapkan, dan sistem memberikan rekomendasi yang akurat sesuai dengan praktik nelayan lokal. Bagian Pengujian Sistem akan menjelaskan metode pengujian yang digunakan, skenario pengujian yang diterapkan, serta proses validasi hasil sistem.

### Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa *Rule-Based Expert System* yang dikembangkan dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang, dan memberikan rekomendasi pemilihan umpan yang akurat dan relevan dengan praktik nelayan lokal. Pengujian dilakukan dalam dua tahap utama, yaitu pengujian fungsional untuk memverifikasi logika sistem, serta validasi hasil melalui perbandingan dengan praktik aktual di lapangan.

#### 1. Metode pengujian

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa *Rule-Based Expert System* yang dikembangkan mampu memberikan rekomendasi pemilihan umpan yang sesuai dengan kondisi perairan dan spesies ikan target di perairan Sulawesi Utara. Pengujian dilakukan melalui beberapa pendekatan berikut:

- a. Pengujian Fungsional (*Functional Testing*)

Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa setiap aturan dalam *Rule base* diimplementasikan secara benar di dalam sistem. Berbagai kombinasi parameter (spesies ikan, kedalaman perairan, arus laut, dan musim) diuji secara sistematis, dan hasil output yang dihasilkan oleh sistem dibandingkan dengan aturan yang telah dirumuskan.

b. Pengujian Skenario (*Scenario Testing*)

Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan berbagai skenario kondisi perairan yang diperoleh dari proses pengumpulan data, yaitu melalui wawancara dengan nelayan berpengalaman dan observasi langsung di lapangan. Setiap skenario pengujian dirancang untuk mencerminkan situasi yang sering dihadapi oleh nelayan di wilayah studi.

c. Validasi Hasil (*Result Validation*)

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil rekomendasi sistem dengan praktik pemilihan umpan yang diterapkan oleh nelayan berpengalaman. Melalui proses ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai tingkat akurasi dan relevansi sistem dalam konteks operasional yang sebenarnya.

Data uji yang digunakan dalam pengujian ini disusun berdasarkan hasil pengumpulan data dari wawancara semi-terstruktur dengan nelayan berpengalaman di wilayah Manado dan sekitarnya, serta hasil observasi lapangan yang dilakukan selama proses penelitian. Dengan demikian, skenario pengujian yang digunakan dalam pengujian sistem ini memiliki dasar empiris yang kuat dan relevan dengan kondisi perairan di wilayah studi.

2. Skenario pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan menjalankan berbagai skenario pengujian yang merepresentasikan kondisi perairan yang umum dihadapi oleh nelayan di wilayah studi. Pengujian fungsional telah

dilakukan untuk seluruh aturan yang terdapat dalam *Rule base* (Tabel 1, 2, dan 3), guna memastikan bahwa sistem dapat menangani semua kombinasi parameter yang telah dirumuskan. Pada bagian ini, ditampilkan 10 skenario pengujian sebagai contoh representatif dari berbagai kondisi yang diuji yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Skenario Pengujian Sistem (10 skenario)

| No | Spesies Ikan Target | Kedalaman Perairan | Arus Laut | Musim            | Rekomendasi Umpan    |
|----|---------------------|--------------------|-----------|------------------|----------------------|
| 1  | Kakap Merah         | Sedang             | Lemah     | Musim Ulang      | Udang Putih          |
| 2  | Kakap Merah         | Dalam              | Kuat      | Semua Musim      | Cumi                 |
| 3  | Kakap Merah         | Dangkal            | Kuat      | Semua Musim      | Cumi                 |
| 4  | Kerapu              | Dalam              | Lemah     | Semua Musim      | Ikan Hidup (Kembung) |
| 5  | Kerapu              | Sedang             | Kuat      | Semua Musim      | Ikan Hidup (Kembung) |
| 6  | Kerapu              | Dangkal            | Sedang    | Musim Ulang      | Udang Merah          |
| 7  | Aji-aji             | Sedang             | Sedang    | Musim Ikan Kecil | Ikan Teri Hidup      |
| 8  | Aji-aji             | Dalam              | Sedang    | Semua Musim      | Ikan Teri Hidup      |
| 9  | Aji-aji             | Dangkal            | Sedang    | Musim Ikan Kecil | Ikan Teri Hidup      |
| 10 | Aji-aji             | Sedang             | Kuat      | Musim Cumi       | Cumi                 |

Pemilihan skenario pengujian dalam Tabel 4 dilakukan secara **representatif** untuk mencakup berbagai kombinasi parameter dari ketiga spesies ikan target yang diteliti. Dengan demikian, pengujian ini memberikan gambaran yang memadai mengenai kemampuan sistem dalam memberikan rekomendasi umpan yang sesuai pada berbagai kondisi perairan yang umum dijumpai di perairan Sulawesi Utara.

3. Validasi hasil

Setelah dilakukan pengujian fungsional dan pengujian skenario, proses validasi hasil dilakukan untuk memastikan bahwa rekomendasi sistem sesuai dengan praktik pemilihan umpan yang diterapkan oleh nelayan di perairan Sulawesi Utara.

Validasi dilakukan dengan melibatkan 5 nelayan berpengalaman (diberi kode N1 sampai N5) yang sebelumnya juga berkontribusi dalam proses wawancara dan pengumpulan data untuk penyusunan *Rule base*. Setiap nelayan diminta untuk:

- Menggunakan sistem dengan mengisi parameter sesuai dengan kondisi perairan yang biasa mereka hadapi.
- Mengevaluasi apakah rekomendasi umpan yang dihasilkan oleh sistem sesuai dengan praktik pemilihan umpan yang mereka lakukan di lapangan.
- Memberikan umpan balik secara kualitatif mengenai keakuratan sistem, kemudahan penggunaan, serta potensi manfaat sistem.

Kemudian Nelayan diberikan kombinasi *Rule base* yang ada dan menilai tepat atau tidak tepatnya saran yang diberikan oleh sistem. Tabel 6 adalah 10 kategori yang diujikan dalam *Rule base* yang diberikan.

Tabel 5. Sepuluh Kategori yang diujikan

| Spesies Ikan Target | Kedalaman Perairan | Arus Laut | Musim | Rekomendasi Sistem |
|---------------------|--------------------|-----------|-------|--------------------|
| KM                  | SED                | LE        | MU    | UP                 |
| KM                  | DAL                | KU        | SM    | CU                 |
| KM                  | DAN                | KU        | SM    | CU                 |
| KE                  | DAL                | LE        | SM    | IH                 |
| KE                  | SED                | KU        | SM    | IH                 |
| KE                  | DAN                | SE        | MU    | UM                 |
| KI                  | SED                | SE        | MI    | IT                 |
| KI                  | DAL                | SE        | SM    | IT                 |
| KI                  | DAN                | SE        | MI    | IT                 |
| KI                  | SED                | KU        | MC    | CU                 |

**Keterangan:**

KM = Kakap Merah, KE = Kerapu, KA = Aji-aji  
DAN = Dangkal, SED = Sedang, DAL = Dalam  
LE = Lemah, SE = Sedang, KU = Kuat  
MU = Musim Udang, SM = Semua Musim, MI = Musim Ikan Kecil, MC = Musim Cumi  
UP = Udang Putih, UM, = Udang Merah, CU = Cumi, IH = Ikan Hidup (Kembung), IT = Ikan Teri Hidup

Kemudian hasil validasi per nelayan ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Validasi Sistem oleh Nelayan (N1–N5)

| N1 | N2 | N3 | N4 | N5 |
|----|----|----|----|----|
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |

| N1 | N2 | N3 | N4 | N5 |
|----|----|----|----|----|
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | v  | v  | v  | v  |
| v  | x  | x  | v  | x  |

**Keterangan:**

v = Sesuai dengan praktik nelayan  
x = Tidak sesuai dengan praktik nelayan

Hasil validasi sistem yang ditunjukkan pada Tabel 6 memperlihatkan bahwa sistem pakar yang dikembangkan memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi dengan praktik pemilihan umpan yang dilakukan oleh nelayan di perairan Sulawesi Utara. Dari sepuluh skenario pengujian yang diuji, sebanyak sembilan skenario memperoleh penilaian "sesuai" (ditandai dengan huruf v) oleh seluruh nelayan (N1–N5). Hal ini menunjukkan bahwa sistem secara konsisten mampu memberikan rekomendasi yang sejalan dengan pengalaman dan kebiasaan nelayan.

Pada satu skenario (skenario ke-10), terdapat perbedaan pendapat dari tiga nelayan (N2, N3 dan N5), yang memberikan penilaian "tidak sesuai" (ditandai dengan huruf x). Dalam kasus ini, nelayan tersebut lebih memilih menggunakan ikan teri hidup daripada cumi, meskipun sistem merekomendasikan cumi. Perbedaan ini bukan disebabkan oleh kesalahan sistem, melainkan oleh faktor preferensi pribadi nelayan dan ketersediaan umpan di lapangan, yang memang dapat bervariasi.

Secara keseluruhan, proses validasi menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi sebesar **90%** terhadap skenario pengujian yang diuji. Selain itu, nelayan memberikan umpan balik positif terkait kemudahan penggunaan sistem dan manfaatnya sebagai alat bantu dalam proses pemilihan umpan. Beberapa saran perbaikan juga diajukan oleh nelayan, seperti penambahan faktor-faktor kontekstual lain (misalnya cuaca atau fase bulan), yang dinilai dapat lebih memperkaya kemampuan

sistem dalam memberikan rekomendasi yang lebih adaptif di masa depan.

Dengan demikian, hasil validasi mengindikasikan bahwa *Rule-Based Expert System* yang dikembangkan dapat berfungsi secara efektif sebagai alat bantu dalam praktik pemilihan umpan. Pada bagian Evaluasi dan Validasi, akan dibahas lebih lanjut mengenai efektivitas sistem secara umum serta peluang pengembangannya ke tahap yang lebih lanjut.

### Evaluasi dan Validasi

Setelah dilakukan pengujian sistem dan validasi hasil, dilakukan proses evaluasi dan validasi keseluruhan untuk mengukur efektivitas sistem, kemudahan penggunaan, serta peluang pengembangan sistem ke tahap berikutnya.

#### 1. Metode evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur efektivitas, kemudahan penggunaan, dan manfaat sistem bagi nelayan. Proses evaluasi dilakukan setelah nelayan selesai menggunakan sistem, baik saat pengujian skenario maupun saat validasi hasil. Setelah itu, nelayan diminta untuk memberikan penilaian terhadap sistem melalui wawancara singkat dan pengisian form penilaian sederhana. Parameter yang dievaluasi meliputi:

- Akurasi rekomendasi umpan (apakah hasil sistem sesuai dengan praktik nelayan).
- Kemudahan penggunaan sistem (seberapa mudah nelayan mengoperasikan sistem berbasis web).
- Manfaat sistem (seberapa membantu sistem dalam proses pemilihan umpan).
- Saran pengembangan (masukan dari nelayan untuk pengembangan sistem ke depan).

Setiap nelayan memberikan penilaian dengan menggunakan skala sederhana (skala Likert 1–5), di mana nilai 1 berarti "sangat tidak sesuai/tidak mudah/tidak bermanfaat", dan nilai 5 berarti "sangat sesuai/sangat mudah/sangat bermanfaat". Selain itu,

nelayan juga dapat memberikan komentar atau saran tambahan secara terbuka.

#### 2. Parameter Evaluasi

Hasil evaluasi dari 5 nelayan berpengalaman yang telah dilakukan sebelumnya dirangkum pada Tabel 7.

Tabel 7. Rangkuman Evaluasi

| Parameter                   | Skala Rata-Rata (1–5) | Interpretasi                    |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Akurasi Rekomendasi Umpan   | 4.6                   | Sangat Baik                     |
| Kemudahan Penggunaan Sistem | 4.8                   | Sangat Mudah Digunakan          |
| Manfaat Sistem              | 4.7                   | Sangat Bermanfaat               |
| Saran untuk Pengembangan    | —                     | Tambah faktor cuaca, fase bulan |

Pada Tabel 7, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mendapatkan penilaian yang sangat positif dari nelayan. Akurasi rekomendasi dinilai sangat baik dengan rata-rata skor 4.6, yang mencerminkan tingkat kesesuaian tinggi antara output sistem dengan praktik lapangan. Dari sisi kemudahan penggunaan, sistem memperoleh skor 4.8, yang menunjukkan bahwa antarmuka berbasis web dapat dengan mudah dioperasikan oleh nelayan, termasuk mereka yang tidak memiliki latar belakang teknis. Parameter manfaat sistem juga mendapatkan penilaian sangat baik, dengan skor 4.7, menegaskan bahwa nelayan melihat sistem ini sebagai alat bantu yang berguna, khususnya bagi nelayan pemula atau dalam situasi perairan yang kurang familiar. Adapun saran pengembangan yang diajukan nelayan mencakup penambahan faktor cuaca dan fase bulan, yang menurut pengalaman mereka juga memengaruhi efektivitas pemilihan umpan. Hal ini membuka peluang untuk pengembangan sistem ke tahap yang lebih adaptif dan kontekstual di masa depan.

Berdasarkan hasil evaluasi dan validasi, dapat disimpulkan bahwa *Rule-Based Expert System* yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi, mudah digunakan, serta bermanfaat dalam

membantu proses pemilihan umpan oleh nelayan di perairan Sulawesi Utara. Sistem ini menunjukkan potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut, baik dari sisi penambahan faktor-faktor baru, maupun peningkatan skala implementasi. Dengan demikian, *Rule-Based Expert System* yang dikembangkan telah berhasil diuji dan divalidasi secara positif oleh nelayan pengguna. Bagian selanjutnya akan menyajikan kesimpulan umum dari penelitian ini serta arah pengembangan yang dapat dilakukan di masa depan. Untuk dapat melihat website yang telah dibuat dapat membuka tautan

<https://sl.unrat.ac.id/umpan>.

#### D. PENUTUP

Berdasarkan hasil yang telah penelitian ini telah berhasil mengembangkan prototipe awal *Rule-Based Expert System* untuk rekomendasi pemilihan umpan dalam perikanan tangkap di perairan sekitar Manado. Sistem ini dirancang untuk memberikan rekomendasi jenis umpan yang optimal berdasarkan kombinasi parameter spesies ikan target, kedalaman perairan, arus laut, dan musim, dengan mengadopsi pengetahuan praktis dari nelayan berpengalaman serta data hasil observasi lapangan. Hasil pengujian dan validasi menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi dengan praktik pemilihan umpan yang dilakukan oleh nelayan lokal. Dari 10 skenario pengujian yang diuji, sistem memperoleh tingkat kesesuaian sebesar 90%, dengan sebagian besar rekomendasi dinilai sesuai oleh seluruh nelayan yang terlibat dalam proses validasi. Perbedaan yang terjadi pada satu skenario lebih disebabkan oleh preferensi pribadi dan ketersediaan umpan di lapangan, bukan oleh kekeliruan sistem.

Selain itu, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mendapatkan penilaian yang sangat positif dari nelayan terkait akurasi

rekomendasi, kemudahan penggunaan, dan manfaat praktis di lapangan. Rata-rata penilaian yang diberikan nelayan menunjukkan bahwa sistem ini mudah digunakan bahkan oleh pengguna tanpa latar belakang teknis, serta dapat membantu nelayan pemula dalam mempercepat proses belajar mengenai strategi pemilihan umpan yang efektif. Ke depan, pengembangan sistem ini dapat diarahkan pada integrasi faktor-faktor kontekstual tambahan, seperti kondisi cuaca dan fase bulan, serta pengayaan *Rule base* berdasarkan data empiris terbaru. Selain itu, penggabungan pendekatan *Case-Based Reasoning* dapat menjadi langkah strategis untuk memungkinkan sistem belajar dari pengalaman baru, sehingga semakin adaptif terhadap dinamika kondisi perairan dan perilaku ikan.

Dengan demikian, *Rule-Based Expert System* yang telah dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi besar untuk menjadi alat bantu yang praktis dan efektif bagi nelayan di Manado, serta dapat berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan praktik perikanan tangkap di wilayah tersebut.

#### E. DAFTAR PUSTAKA

- Alenezi, M., & Akour, M. (2025). AI-Driven Innovations in Software Engineering: A Review of Current Practices and Future Directions. *Applied Sciences*, 15. <https://doi.org/10.3390/app15031344>
- Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M., Cochrane, K., Funge-Smith, S., & Poulain, F. (2018). *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture. Synthesis of Current Knowledge, Adaptation, and Mitigation Options*.
- de Sousa, W. L., Zacardi, D. M., & Vieira, T. A. (2022). Traditional Ecological Knowledge of Fishermen: People Contributing towards Environmental Preservation. In *Sustainability* (Vol. 14,

- Issue 9).  
<https://doi.org/10.3390/su14094899>
- Deepananda, K. H. M., Amarasinghe, U., Jayasinghe-Mudalige, U., & Berkes, F. (2016). Stilt fisher knowledge in southern Sri Lanka as an expert system: A strategy towards co-management. *Fisheries Research*, 174, 288–297. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.10.028>
- Egessa, M., Ngetich, C., & Munga, C. (2024). M-fisheries prototype: Innovating towards evidence-based planning and decision-making in marine fisheries management. *Open Access Research Journal of Science and Technology*, 11, 25–30. <https://doi.org/10.53022/oarjst.2024.11.1.0059>
- Eighani, M., Paighambari, S. Y., Herrmann, B., & Feekings, J. (2018). Effect of bait type and size on catch efficiency of narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in the Persian Gulf handline fisheries. *Fisheries Research*, 199, 32–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.11.023>
- Hatzilygeroudis, I., Dimitropoulos, K., Kovas, K., & Theodorou, J. (2023). *Expert Systems for Farmed Fish Disease Diagnosis: An Overview and a Proposal*. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.0298.v1>
- Jones, B., Santos, R. O., James, W. R., Costa, S., Adams, A., Boucek, R., Coals, L., Cullen-Unsworth, L., Shephard, S., & Rehage, J. (2024). New directions for Indigenous and local knowledge research and application in fisheries science: Lessons from a systematic review. *Fish and Fisheries*, 25. <https://doi.org/10.1111/faf.12831>
- Kapoor, R., Bedi, S., & Singh, Y. (2025). *Enhancing Inference Capability in Rule-Based Expert Systems for Disease Diagnosis: Advanced Rule Promotion Methodology* (pp. 337–346). [https://doi.org/10.1007/978-981-96-3381-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-96-3381-4_28)
- Kelly, C., Michelsen, F., Reite, K., Kolding, J., Varpe, Ø., Berset, A., & Alver, M. (2022). Capturing big fisheries data: Integrating fishers' knowledge in a web-based decision support tool. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1051879. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1051879>
- Khan, S. M. (2023). *Software Prototype Used in Software Development*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10182.04163>
- Kovas, K., Hatzilygeroudis, I., Dimitropoulos, K., Spiliopoulos, G., Poulos, K., Abatzidou, E., Aravanis, T., Ilias, A., Kanlis, G., & Theodorou, J. (2023). Using Level-Based Multiple Reasoning in a Web-Based Intelligent System for the Diagnosis of Farmed Fish Diseases. *Applied Sciences*, 13, 13059. <https://doi.org/10.3390/app132413059>
- M., A., & Mariappan, K. (2020). *Expert System and Its Application in Fisheries Sector* (pp. 88–115).
- Mahaji, T., Harahap, A. U., & Wicaksana, K. (2024). *Pemberdayaan Pemuda Pesisir: Manajemen Menjaga Kelestarian Sumber Daya Laut* (1st ed.). PT. Pena Persada Kerta Utama.
- Mandal, A., Banerjee, M., & Ghosh, A. (2025). *The Significance of Artificial Intelligence (AI) in Fishing Crafts and Gears*. 04, 44–58. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14698633>
- Mohale, H., Narsale, S., Kadam, R., Patekar, P., Sheikh, S., Mansukhbhai, C., Kirtikumar, P., & Baraiya, R. (2024). Artificial Intelligence in Fisheries and Aquaculture: Enhancing Sustainability and Productivity. *Archives of Current Research International*, 24, 106–123. <https://doi.org/10.9734/acri/2024/v24i36>

- Nababa, A., Sani, S., & Umaru, J. (2025). Study Exploring the Key Challenges of Climate Change and Its Effects on Fisheries: A Review. *Records of Chemical Sciences*, 4, 99–114. [https://doi.org/10.33003/frscs\\_2025\\_0401/08](https://doi.org/10.33003/frscs_2025_0401/08)
- Riyanto, E., Prasetyo, E., Zainal, R., Pubaningtyas, R., Setyatama, F., Herulambang, W., Alim, S., & Tias, R. (2023). Design of Expert System Diagnosis of Catfish Disease with Forward Chaining Method. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7, 1215–1222. <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v7i1.223>
- Samarasinghe Gunasekara, S., Bandaranayake, H., & Jayasinghe, P. (2024). Influence of Bait Types on Bigeye Tuna Catch Rates in Sri Lanka.
- Santos, C., Rosa, D., Gonçalves, J., & Coelho, R. (2023). A review of reported effects of pelagic longline fishing gear configurations on target, bycatch and vulnerable species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 34. <https://doi.org/10.1002/aqc.4027>
- Sintaro, S. (2022). Permodelan Sistem Informasi Pembelian dan Penjualan Berbasis Website. *Jurnal Ilmiah Informatika Dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, 1(1), 25–32.
- Sintaro, S., Pandiangan, D., Nainggolan, N., Johanes, A. B., Van Gobel, A. R., & Nainggolan, V. P. G. (2023). Pembuatan Website Sebagai Media Informasi Digital pada Biovina Herbal. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 4(2), 285–289.
- Sintaro, S., Surahman, A., Ngangi, S. C. W., Kalengkongan, W. W., & Johanes, A. B. (2023). Sistem Informasi Pengenalan Kampus dengan Foto 360 Berbasis Website. *Journal of Data Science and Information Systems (DIMIS)*, 1(1), 32–40.
- Sun, C., Yang, R., He, W., & Zhu, H. (2022). A novel belief rule base expert system with interval-valued references. *Scientific Reports*, 12(1), 6786. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10636-8>
- Talukdar, J., Singh, T. P., & Barman, B. (2023). *Rule-Based Expert Systems* (pp. 145–158). [https://doi.org/10.1007/978-981-99-3157-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3157-6_8)
- Zornu, J., Tavornpanich, S., Ali, S., Addo, S., Nyaga, P., Jansen, M., Norheim, K., Brun, E., & Cudjoe, K. (2023). Bridging knowledge gaps in fish health management through education, research, and biosecurity. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1256860>