

**PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI UNTUK EVALUASI
PAIRING INDUKAN BERBASIS DATA HISTORIS PADA
BREEDING BURUNG MURAI BATU DENGAN
AI SEBAGAI LAPISAN INTERPRETASI**



Disusun Oleh:

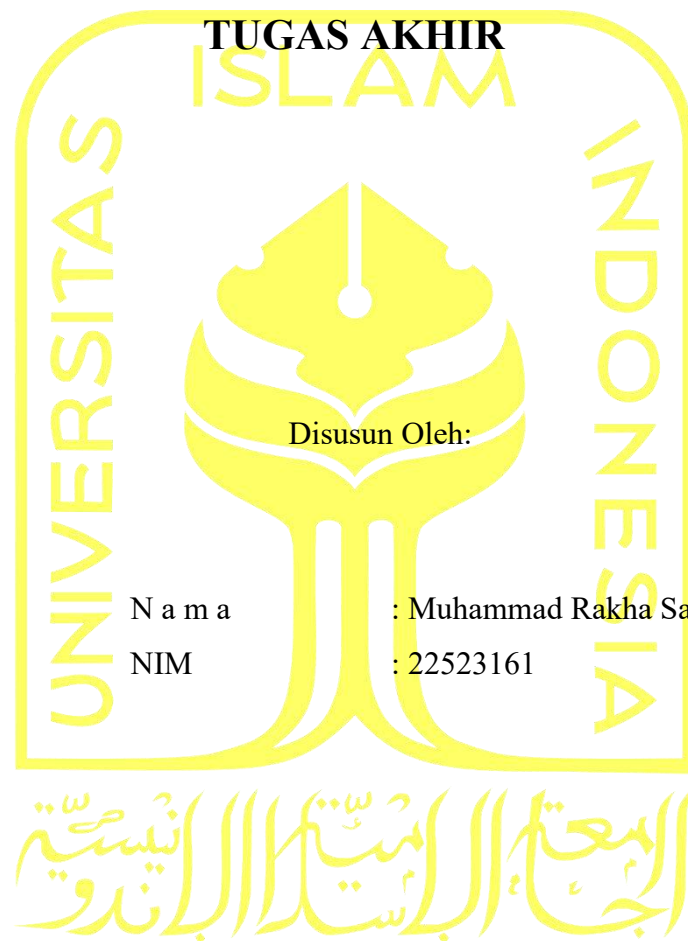
N a m a : Muhammad Rakha Savero Zulni
NIM : 22523161

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2026

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI UNTUK EVALUASI
PAIRING INDUKAN BERBASIS DATA HISTORIS PADA
BREEDING BURUNG MURAI BATU DENGAN
AI SEBAGAI LAPISAN INTERPRETASI**



Yogyakarta, 27 April 2026

Pembimbing,

(Dr. Syarif Hidayat, S.Kom., M.I.T.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI UNTUK EVALUASI
PAIRING INDUKAN BERBASIS DATA HISTORIS PADA
BREEDING BURUNG MURAI BATU DENGAN
AI SEBAGAI LAPISAN INTERPRETASI**

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 13 Mei 2026

Tim Penguji

Dr. Syarif Hidayat, S.Kom., M.I.T.

Anggota 1

Dr. Hendrik, S.T., M.Eng.

Anggota 2

Mukhammad Andri Setiawan, S.T., M.Sc.,
Ph.D.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(DThomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rakha Savero Zulni
NIM : 22523161

Tugas akhir dengan judul:

**PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI UNTUK EVALUASI
PAIRING INDUKAN BERBASIS DATA HISTORIS PADA
BREEDING BURUNG MURAI BATU DENGAN
AI SEBAGAI LAPISAN INTERPRETASI**

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 27 April 2026



(Muhammad Rakha Savero Zulni)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil ‘Ālamīn, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhānahu wa Ta‘ālā atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Karya ini penulis persembahkan dengan penuh rasa hormat dan syukur kepada kedua orang tua tercinta, Bapak H. Zulhendri, S.Sos., M.IP dan Ibu Hj. Neni Handayani, S.Sos., M.IP, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta pengorbanan tanpa henti. Segala bentuk kasih sayang, nasihat, dan motivasi yang diberikan menjadi kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan proses pendidikan ini.

Penulis juga mempersembahkan karya ini kepada keluarga, sahabat, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan tugas akhir, sehingga setiap tahapan penelitian dapat dilalui dengan baik.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam pengembangan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu serta implementasi sistem pendukung keputusan dengan AI sebagai lapisan interpretasi dari mekanisme evaluasi deterministik, dan menjadi kontribusi yang bernilai dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

HALAMAN MOTO

Tidak harus sempurna hari ini, yang penting selesai selangkah lagi.

KATA PENGANTAR

Assalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil ‘ālamīn, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhānahu wa Ta‘ālā atas limpahan nikmat, rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad ﷺ ‘Alaihi Wasallam sebagai suri teladan bagi seluruh umat manusia.

Tugas akhir ini berjudul “Pengembangan Sistem Informasi Untuk Evaluasi *pairing* Indukan Berbasis Data Historis Pada *breeding* Burung Murai Batu Dengan AI Sebagai Lapisan Interpretasi”, yang disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana (S-1) pada Program Studi Informatika.

Penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Dalam proses penyusunan, penulis juga menghadapi beberapa kendala, seperti keterbatasan dalam pengumpulan data serta penyesuaian waktu penelitian. Namun demikian, kendala tersebut dapat diatasi dengan baik berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan syukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak H. Zulhendri, S.Sos., M.IP dan Ibu Hj. Neni Handayani, S.Sos., M.IP, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti dalam setiap proses yang penulis jalani.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Informatika Program Sarjana.
4. Bapak Dr. Syarif Hidayat, S.Kom., M.I.T., selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga sejak tahap perencanaan hingga penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Informatika yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan selama masa perkuliahan.
6. Para sahabat saya, yaitu M. Hidayat Arga Wicaksana, Noor Akhnafal Aban, M. Fiqri, Wisnu Arya P, M. Agus Virgianto, M. Khalil Khalabi, M. Fathoni, Hardy Febryan, Radyan Laksmiana, M. Yasir Suroto, M. Aufa D, Bintang Jawara, Narendra Shangra, Imada Farza, Rangga Ardhana, Fath Yusava dan Akmal Muhammad Fauzan yang telah

memberikan dukungan, motivasi, serta semangat selama proses penyusunan tugas akhir ini. Seperti yang pernah saya sampaikan sebelumnya, saya bersyukur dapat mengenal dan tumbuh bersama kalian

Yogyakarta, 27 April 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'MR. Zulni', with a long horizontal stroke extending to the right.

(Muhammad Rakha Savero Zulni)

SARI

Praktik *breeding* burung Murai Batu masih banyak bergantung pada pengalaman peternak, sehingga evaluasi *pairing* indukan belum terstruktur, belum terdokumentasi secara sistematis, dan belum memanfaatkan data historis secara optimal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu berbasis web yang mendukung evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis dengan AI sebagai lapisan interpretatif.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *System Development Life Cycle* dengan model Waterfall yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem dirancang untuk mengelola data *breeding* secara terpusat serta menerapkan mekanisme evaluasi berbasis indikator historis dengan pendekatan *rule-based*. Kecerdasan buatan berbasis *Large Language Model* diintegrasikan melalui OpenAI API untuk menyajikan hasil evaluasi dalam bentuk naratif yang kontekstual tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengelola data *breeding* secara terstruktur dan memanfaatkan data historis sebagai dasar evaluasi *pairing* indukan secara konsisten dan dapat ditelusuri. Mekanisme evaluasi berbasis indikator historis menghasilkan klasifikasi evaluasi secara deterministik berdasarkan aturan yang telah ditetapkan, sehingga proses evaluasi dapat dilakukan lebih sistematis dibandingkan pendekatan manual. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan yang membantu peternak mengevaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur, konsisten, dan terdokumentasi, tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

Kata kunci: sistem informasi manajemen, sistem pendukung keputusan, evaluasi *breeding*, *pairing* indukan, data historis, *large language model*.

GLOSARIUM

Data Historis	Kumpulan data hasil aktivitas <i>breeding</i> yang tersimpan dari waktu ke waktu dan digunakan sebagai dasar evaluasi <i>pairing</i> indukan dalam <i>breeding</i> .
Decision Logic	Bagian sistem yang melakukan perhitungan dan menentukan hasil evaluasi berdasarkan aturan yang telah ditetapkan.
Explanation Logic	Bagian sistem yang menyajikan hasil evaluasi dalam bentuk penjelasan naratif.
Evaluasi <i>breeding</i>	Proses penilaian terhadap performa <i>pairing</i> indukan dalam kegiatan <i>breeding</i> berdasarkan data historis.
Indikator Evaluasi	Parameter yang digunakan untuk menilai performa <i>pairing</i> indukan berdasarkan data historis.
LLM	Model kecerdasan buatan berbasis bahasa yang digunakan untuk menyusun penjelasan naratif dari hasil evaluasi sistem.
Indukan	Burung Murai Batu dewasa yang digunakan sebagai induk dalam kegiatan <i>breeding</i> , terdiri atas indukan jantan dan indukan betina.
<i>Pairing</i> Indukan	Proses penjadohan antara indukan jantan dan betina dalam kegiatan <i>breeding</i> burung Murai Batu yang menjadi objek utama evaluasi.
Rule-based	Pendekatan dalam sistem pendukung keputusan yang menggunakan aturan logika terstruktur untuk menghasilkan rekomendasi.
Success Rate	Tingkat keberhasilan <i>pairing</i> indukan yang dihitung dari perbandingan jumlah keberhasilan terhadap total <i>trip breeding</i> .
SIM	Sistem untuk mengelola data secara terstruktur.
SPK	Sistem yang membantu proses pengambilan keputusan.
<i>Trip Breeding</i>	Satu siklus aktivitas <i>breeding</i> pada pasangan indukan yang menjadi unit analisis dalam evaluasi.
Waterfall	metode pengembangan perangkat lunak.
Deterministik	Sifat mekanisme komputasi yang menghasilkan keluaran yang sama secara konsisten untuk setiap masukan yang identik.
Fallback	Mekanisme cadangan yang diaktifkan secara otomatis ketika komponen utama sistem tidak dapat dijalankan.

Pengetahuan *Tacit* Pengetahuan yang bersifat implisit, tidak terformalisasi, dan melekat pada pengalaman individual seseorang sehingga sulit untuk didokumentasikan atau direplikasi secara sistematis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SARI	ix
GLOSARIUM	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Sistem Informasi Manajemen Berbasis Data	9
2.1.1 Sistem Informasi Sebagai Instrumen Pengelolaan Data Historis dan Operasional	10
2.1.2 Penerapan Sistem Informasi dalam Bidang Peternakan.....	11
2.1.3 Keterbatasan Pendekatan Pengelolaan Data Konvensional	11
2.2 Evaluasi <i>Breeding</i> dalam Manajemen Peternakan	12
2.2.1 Konsep Evaluasi dalam Proses <i>Breeding</i>	13
2.2.2 Peran Data Historis dalam Evaluasi <i>Breeding</i>	14
2.2.3 Evaluasi <i>Breeding</i> Sebagai Proses Berkelanjutan	15
2.3 Sistem Pendukung Keputusan dalam Sistem Informasi	16
2.3.1 Konsep dan Karakteristik Sistem Pendukung Keputusan	17
2.3.2 Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Data dan Analisis.....	18
2.3.3 Batasan Sistem Pendukung Keputusan	19

2.4	<i>Artificial Intelligence</i> dan <i>Large Language Model</i> dalam Sistem Pendukung Keputusan.....	20
2.4.1	<i>Artificial Intelligence</i> sebagai Alat Bantu Analisis dan Interpretasi dalam Sistem Pendukung Keputusan.....	21
2.4.2	<i>Large Language Model</i> dalam Sistem Pendukung Keputusan	22
2.4.3	Pendekatan <i>API-Based</i> dan Batasan Penggunaan <i>Artificial Intelligence</i>	23
2.4.4	Pemilihan Model GPT-4o Mini dalam Sistem Pendukung Keputusan Evaluatif.....	24
2.5	Sintesis Literatur dan Posisi Penelitian.....	26
2.5.1	Sintesis Literatur Lintas Domain.....	27
2.5.2	Gap Penelitian yang Teridentifikasi	28
2.5.3	Posisi dan Kontribusi Penelitian.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Desain Penelitian.....	33
3.2	Metode Pengembangan Sistem	36
3.2.1	Analisis Kebutuhan Sistem	36
3.2.2	Perancangan Proses Sistem	36
3.2.3	Perancangan Basis Data	46
3.2.4	Perancangan Mekanisme Deterministik.....	47
3.2.5	Perancangan Komponen LLM sebagai Lapisan Interpretatif.....	62
3.2.6	Perancangan Antarmuka Sistem.....	64
3.3	Metode Pengujian Sistem.....	65
3.3.1	Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	66
3.3.2	Pengujian <i>Usability</i> dan Penerimaan Pengguna.....	67
3.3.3	Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		74
4.1	Hasil Implementasi	74
4.1.1	Arsitektur Implementasi Sistem	74
4.1.2	Implementasi Mekanisme Evaluasi Deterministik.....	76
4.1.3	Implementasi Komponen LLM.....	78
4.1.4	Implementasi Antarmuka Sistem	84
4.2	Pengujian Sistem.....	95
4.2.1	Pengujian Fungsional	95
4.2.2	Pengujian <i>Usability</i> dan Penerimaan Pengguna.....	98

4.2.3	Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI	100
4.3	Pembahasan.....	102
4.3.1	Analisis Keberfungsian Sistem	102
4.3.2	Analisis Rekomendasi Sistem Pendukung Keputusan	103
4.3.3	Analisis <i>Usability</i> Sistem	105
4.3.4	Analisis Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI.....	106
4.3.5	Sintesis Temuan dan Implikasi.....	108
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		112
5.1	Kesimpulan	112
5.2	Saran.....	113
5.2.1	Saran untuk Penelitian Selanjutnya.....	113
5.2.2	Saran untuk Pengembangan Sistem	113
DAFTAR PUSTAKA.....		115
LAMPIRAN		123

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Model <i>Large Language Model</i> untuk Integrasi Sistem Pendukung Keputusan Evaluatif.....	24
Tabel 2.2 Sintesis Literatur Lintas Domain	28
Tabel 3.1 Mekanisme Kerja Komponen LLM.....	64
Tabel 3.2 Dimensi Validasi Kualitas Interpretasi AI.....	72
Tabel 4.1 Hasil pengujian menggunakan <i>Black Box Testing</i>	96
Tabel 4.2 Hasil Evaluasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis <i>Pairing</i> Indukan	99
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>Usability</i> Sistem	99
Tabel 4.4 Hasil Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI	101
Tabel 4.5 Ringkasan Catatan Umum Responden terhadap Narasi AI.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian Pengembangan Sistem	34
Gambar 3.2 Metodologi Pengembangan Sistem dengan Pendekatan Waterfall.....	35
Gambar 3.3 <i>Use case</i> diagram Sistem Pendukung Keputusan Evaluasi <i>Breeding</i> Burung Murai Batu	38
Gambar 3.4 <i>Activity</i> diagram Pengelolaan Kandang dan Pencatatan Hasil <i>Breeding</i>	40
Gambar 3.5 <i>Activity</i> diagram Proses Evaluasi <i>Pairing</i> indukan	42
Gambar 3.6 <i>Activity</i> diagram Peninjauan Hasil Evaluasi dan Tindak Lanjut <i>Pairing</i> Indukan	44
Gambar 3.7 <i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD) Sistem Informasi Manajemen <i>Breeding</i> Burung Murai Batu	46
Gambar 4.1 Arsitektur Implementasi Sistem.....	75
Gambar 4.2 Kode Program Mekanisme Evaluasi Deterministik.....	77
Gambar 4.3 Kode Program Pemanggilan OpenAI API	82
Gambar 4.4 Kode Program Mekanisme <i>Fallback</i>	83
Gambar 4.5 Kode Program Laporan Ringkas <i>Fallback</i>	83
Gambar 4.6 Halaman <i>Dashboard</i>	84
Gambar 4.7 Halaman Manajemen Indukan	86
Gambar 4.8 Halaman Detail Indukan	86
Gambar 4.9 Halaman Detail Anakan	87
Gambar 4.10 Halaman Manajemen Kandang.....	89
Gambar 4.11 Halaman Detail Kandang	89
Gambar 4.12 Halaman Pemilihan Data Evaluasi <i>Breeding</i>	90
Gambar 4.13 Tampilan Hasil Evaluasi <i>Breeding</i>	93
Gambar 4.14 Halaman Riwayat Evaluasi	94
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Konsistensi <i>Output</i> Sistem.....	97

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Burung Murai Batu (*Copsychus malabaricus*) merupakan salah satu jenis burung kicau yang banyak diminati dan ditangkarkan oleh masyarakat karena karakteristik suara, penampilan, serta nilai ekonomi tinggi (Akdiatmojo, 2017; Irfan *et al.*, 2020). Tingginya minat terhadap Murai Batu menyebabkan aktivitas penangkaran dan *breeding* menjadi praktik yang dilakukan secara berkelanjutan oleh peternak, tidak hanya sebagai hobi tetapi juga sebagai upaya memenuhi kebutuhan pasar dan pelestarian populasi melalui penangkaran *ex-situ* (Heryadi *et al.*, 2022; Irfan *et al.*, 2020). Menurut Heryadi *et al.* (2022), penangkaran Murai Batu telah berkembang sebagai kegiatan nyata di tingkat peternak dengan siklus produksi yang melibatkan tahapan *pairing* indukan, pengeraman, hingga penyapihan anakan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa *breeding* Murai Batu merupakan aktivitas yang terstruktur dan berulang, sehingga kualitas hasil *breeding* sangat bergantung pada keberhasilan proses *pairing* indukan dan pengelolaan *breeding* yang dilakukan secara konsisten (Putranto *et al.*, 2018).

Meskipun proses *breeding* Murai Batu dilakukan secara terstruktur dan berulang, hasil *breeding* yang dihasilkan tidak selalu menunjukkan tingkat keberhasilan yang konsisten antarperiode maupun antarpasangan indukan. Penelitian mengenai reproduksi Murai Batu menunjukkan adanya variasi performa *breeding* yang ditunjukkan melalui perbedaan jumlah telur, daya tetas, serta interval waktu antarperiode bertelur pada pasangan indukan yang berbeda (Putranto *et al.*, 2018). Variasi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan *breeding* tidak hanya ditentukan oleh keberadaan proses *breeding* itu sendiri, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik indukan dan kondisi yang menyertainya. Kondisi ini menjadikan proses *breeding* Murai Batu bersifat evaluatif, sehingga setiap hasil *breeding* perlu dianalisis secara berkelanjutan untuk menilai efektivitas *pairing* indukan berdasarkan data historis yang tersedia.

Pada penelitian ini, evaluasi *breeding* dipahami sebagai proses penilaian terhadap performa *breeding* secara berkelanjutan berdasarkan data historis. Evaluasi tersebut difokuskan pada analisis *pairing* indukan sebagai unit evaluasi utama karena keputusan *breeding* pada praktik peternakan secara operasional ditentukan berdasarkan performa

pasangan indukan secara spesifik. Dengan demikian, evaluasi *pairing* indukan digunakan sebagai representasi operasional dari evaluasi *breeding* untuk mendukung pengambilan keputusan pada peternakan Murai Batu.

Dalam praktik penangkaran Murai Batu, proses evaluasi *breeding* umumnya masih dilakukan secara manual dan sangat bergantung pada pengalaman serta intuisi peternak. Penilaian terhadap keberhasilan *pairing* indukan sering kali didasarkan pada pengamatan terhadap perilaku indukan dan hasil anakan pada periode tertentu, tanpa dukungan pencatatan yang terstruktur dan konsisten. Pendekatan seperti ini menyebabkan proses evaluasi *breeding* sulit dilakukan secara objektif dan berulang, terutama ketika jumlah pasangan indukan dan siklus *breeding* semakin bertambah. Kondisi serupa juga ditemukan pada sistem manajemen ternak konvensional, karena ketersediaan dan kelengkapan data pencatatan menjadi faktor penting dalam mendukung analisis performa ternak serta pengambilan keputusan yang lebih sistematis (Sánchez-Hernández *et al.*, 2020). Dalam praktiknya, keterbatasan dokumentasi dan ketergantungan pada pengalaman individu masih sering terjadi, sehingga menyulitkan proses penelusuran riwayat performa ternak secara sistematis dan berkelanjutan.

Seiring dengan berlangsungnya siklus *breeding* Murai Batu yang berulang, data yang dihasilkan dari setiap periode sering kali tidak dikelola sebagai data historis yang terstruktur. Pencatatan hasil *breeding* pada praktik penangkaran umumnya masih dilakukan secara terpisah dan tidak terstandar, sehingga informasi mengenai performa *pairing* indukan tersebar dan sulit dianalisis secara menyeluruh. Kondisi ini menyebabkan data historis tidak dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai dasar evaluasi lanjutan, baik untuk membandingkan performa antarpasangan indukan maupun untuk menilai konsistensi hasil *breeding* dari waktu ke waktu. Studi mengenai evaluasi program *breeding* ternak menunjukkan bahwa ketiadaan pengelolaan data historis yang sistematis berpotensi melemahkan efektivitas proses evaluasi dan pengambilan keputusan berbasis performa jangka panjang (Lamuno *et al.*, 2018).

Permasalahan terkait dokumentasi dan pengelolaan data historis *breeding* tersebut menunjukkan perlunya suatu pendekatan yang mampu mengintegrasikan proses pencatatan, pengolahan, dan penyajian data *breeding* secara terstruktur untuk mendukung proses evaluasi dan pengambilan keputusan yang lebih sistematis. Sistem informasi manajemen dipandang sebagai sarana yang relevan untuk mendukung pengelolaan data yang bersifat berulang dan kompleks, karena mampu menyimpan data secara terpusat serta memfasilitasi penelusuran informasi secara konsisten dari waktu ke waktu. Penerapan sistem informasi untuk pengelolaan data telah terbukti dapat meningkatkan keteraturan dokumentasi serta

mendukung proses evaluasi dan pengambilan keputusan berbasis informasi yang lebih sistematis (Hamdat *et al.*, 2024; Nadia & Nasution, 2024). Pada bidang peternakan, sistem informasi berbasis web juga banyak dimanfaatkan untuk mendukung pengelolaan data ternak dan aktivitas produksi secara terintegrasi, sehingga informasi yang dihasilkan lebih mudah diakses dan dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi (Nelfira *et al.*, 2024; Soebroto *et al.*, 2024).

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan membuka peluang untuk dimanfaatkan sebagai komponen pendukung dalam sistem informasi, khususnya dalam membantu interpretasi dan penyajian hasil evaluasi data historis yang bersifat kompleks dan berulang (Kostopoulos *et al.*, 2024; Mahamad *et al.*, 2025). Dalam penelitian ini, AI diposisikan sebagai komponen interpretatif yang bekerja di atas hasil evaluasi kuantitatif yang telah dihitung oleh sistem melalui indikator terstruktur dan berperan menyajikan justifikasi kontekstual yang mendukung proses pertimbangan pengguna tanpa menggantikan keputusan akhir, sebagaimana ditegaskan dalam konsep AI *reasoning* pada kerangka *decision support* (As'ad *et al.*, 2025). Sejumlah studi menunjukkan bahwa integrasi AI dalam sistem pendukung keputusan dapat meningkatkan kualitas interpretasi, konsistensi penyajian hasil evaluasi, serta efisiensi proses pertimbangan keputusan berbasis data tanpa menggantikan peran pengguna sebagai pengambil keputusan akhir (Aini & Septaningsih, 2025; Kostopoulos *et al.*, 2024). Oleh karena itu, pemanfaatan AI pada sistem informasi manajemen *breeding* Murai Batu diposisikan sebagai alat bantu evaluatif yang mendukung peternak dalam menilai performa *pairing* indukan berdasarkan data historis *breeding*, bukan sebagai sistem otomatis yang menentukan keputusan secara mandiri.

Berbagai sistem informasi peternakan dan sistem manajemen ternak telah dikembangkan pada domain lain, khususnya pada peternakan sapi dan unggas komersial, yang umumnya berfokus pada pencatatan data produksi, silsilah, serta analisis performa berbasis parameter kuantitatif dan aturan baku (Sánchez-Hernández *et al.*, 2020). Sistem-sistem tersebut dirancang untuk skala industri dengan populasi ternak besar dan pendekatan pengambilan keputusan yang bersifat operasional serta preskriptif (Niloofar *et al.*, 2021). Namun, pendekatan tersebut belum sepenuhnya relevan untuk diterapkan pada konteks *breeding* Murai Batu yang bersifat individual, evaluatif, dan sangat dipengaruhi oleh karakteristik indukan serta riwayat *pairing* secara spesifik.

Hingga saat ini, praktik penangkaran Murai Batu masih didominasi oleh pencatatan manual dan pengalaman peternak, sementara berdasarkan kajian literatur yang dilakukan, belum ditemukan sistem informasi manajemen *breeding* yang secara khusus dirancang untuk

mendukung evaluasi *pairing* indukan Murai Batu berbasis data historis secara terintegrasi. Selain itu, pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam sistem peternakan yang ada umumnya diarahkan pada fungsi prediktif atau optimasi teknis, dan belum diposisikan sebagai sistem pendukung keputusan evaluatif yang membantu proses refleksi dan pertimbangan peternak (Aini & Septaningsih, 2025; Kostopoulos *et al.*, 2024). Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian dalam pengembangan sistem informasi manajemen *breeding* Murai Batu berbasis web yang tidak hanya mengintegrasikan pengelolaan data historis, tetapi juga memanfaatkan AI sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan evaluatif sesuai dengan karakteristik praktik penangkaran Murai Batu.

Selain permasalahan terkait pengelolaan data historis, praktik *breeding* Murai Batu juga dihadapkan pada berbagai kendala lain yang bersifat biologis dan teknis, seperti agresivitas indukan saat proses *pairing*, kegagalan reproduksi berupa telur yang tidak dibuahi, hingga kematian anakan akibat faktor kesehatan dan lingkungan. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan *breeding* dipengaruhi oleh berbagai faktor yang kompleks dan tidak sepenuhnya dapat dikendalikan melalui intervensi sistem.

Meskipun demikian, dari berbagai permasalahan tersebut, terdapat aspek yang dapat dikelola secara sistematis melalui sistem informasi, yaitu proses evaluasi terhadap performa *pairing* indukan berdasarkan data historis *breeding*. Dalam praktiknya, keterbatasan pengelolaan data historis menyebabkan proses evaluasi *pairing* indukan belum dilakukan secara optimal, sehingga keputusan *breeding* masih bersifat subjektif dan belum konsisten. Kondisi ini berdampak pada rendahnya efektivitas proses *pairing* indukan, karena peternak tidak memiliki dasar analisis yang memadai dalam menentukan kelayakan suatu *pairing* untuk dilanjutkan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding* burung Murai Batu belum didukung oleh sistem yang mampu mengelola dan menganalisis data historis secara terstruktur. Dengan demikian, diperlukan suatu sistem yang mampu mendukung proses evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih terstruktur dan konsisten.

Penelitian ini tidak berfokus pada penyelesaian permasalahan biologis dalam *breeding*, seperti keberhasilan reproduksi, kondisi kesehatan burung, maupun faktor lingkungan, melainkan dibatasi pada pengembangan sistem yang mendukung proses analisis dan evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data historis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengatasi belum optimalnya proses evaluasi *pairing* indukan pada *breeding* burung Murai Batu melalui pengembangan sistem informasi manajemen berbasis web yang mampu mengelola data historis secara terstruktur serta menyediakan mekanisme evaluasi berbasis indikator historis sebagai dasar sistem pendukung keputusan yang objektif, konsisten, dan dapat ditelusuri?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan penelitian yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Merancang sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu berbasis web yang mampu mendukung proses evaluasi *pairing* indukan sebagai bagian dari evaluasi *breeding* melalui pencatatan dan pengelolaan data historis secara terstruktur dan berkelanjutan, sehingga mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur, berbasis data historis, dan konsisten.
- b. Menyediakan mekanisme evaluasi berbasis indikator historis secara konsisten sebagai dasar sistem pendukung keputusan yang mencakup informasi *pairing* indukan, riwayat *trip breeding*, serta konsistensi hasil produksi sebagai penilaian evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis.
- c. Mengintegrasikan kecerdasan buatan berbasis *Large Language Model* yang diimplementasikan melalui OpenAI API sebagai komponen interpretatif dalam sistem pendukung keputusan untuk menyusun dan menyajikan interpretasi naratif atas hasil evaluasi berbasis indikator historis untuk meningkatkan keterpahaman hasil evaluasi secara objektif, tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Bagi peternak burung Murai Batu, penelitian ini menyediakan sistem yang mendukung proses evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar dalam evaluasi *breeding* secara lebih terstruktur dan konsisten melalui pemanfaatan data historis, sehingga membantu peternak dalam melakukan evaluasi *pairing* indukan secara lebih objektif dan mengurangi ketergantungan pada penilaian subjektif melalui pemanfaatan mekanisme

evaluasi deterministik berbasis indikator data historis. Selain itu, sistem membantu peternak dalam memahami hasil evaluasi melalui pemanfaatan kecerdasan buatan sebagai lapisan interpretatif, tanpa menggantikan peran pengalaman dan pertimbangan peternak sebagai pengambil keputusan.

- b. Bagi pengembangan keilmuan, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada kajian sistem informasi manajemen dan sistem pendukung keputusan berbasis kecerdasan buatan, khususnya dalam penerapan indikator evaluasi berbasis data historis dan integrasi *Large Language Model* sebagai komponen interpretatif, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam memanfaatkan *Large Language Model* sebagai komponen interpretatif dalam sistem pendukung keputusan berbasis data historis pada berbagai domain peternakan.
- c. Bagi pengembangan sistem informasi peternakan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan sistem yang berorientasi pada evaluasi berbasis data historis dengan dukungan kecerdasan buatan sebagai lapisan interpretasi hasil evaluasi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem sejenis pada skala peternakan yang lebih luas.

1.5 Batasan Penelitian

Agar ruang lingkup penelitian tetap terfokus, batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

- a. Penelitian ini menggunakan data *breeding* burung Murai Batu yang *diinput* secara manual oleh peternak, meliputi data indukan, *pairing* indukan, dan hasil *breeding* sebagai data historis yang digunakan sebagai dasar dalam proses evaluasi *pairing* indukan sebagai bagian dari evaluasi *breeding*. Kualitas hasil evaluasi sistem bergantung pada kelengkapan, konsistensi, dan ketepatan pencatatan data oleh pengguna, sehingga keterbatasan atau ketidakteraturan data historis dapat memengaruhi kedalaman hasil evaluasi dan interpretasi yang dihasilkan. Oleh karena itu, sistem tidak melakukan validasi otomatis terhadap kebenaran data yang *diinput* oleh pengguna.
- b. Evaluasi *pairing* indukan dalam penelitian ini bersifat evaluatif berdasarkan analisis data historis *breeding* yang telah terjadi, dan hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara deterministik disajikan dalam bentuk rekomendasi sebagai dasar pertimbangan bagi peternak dalam pengambilan keputusan.

- c. Kecerdasan buatan yang digunakan berfungsi sebagai komponen pendukung interpretasi dalam sistem pendukung keputusan yang diimplementasikan menggunakan pendekatan *Large Language Model* melalui OpenAI API. Komponen ini digunakan untuk menyusun dan menyajikan interpretasi naratif atas hasil evaluasi berbasis data historis *breeding*. Sebagai bagian dari hasil evaluasi tersebut, sistem menyajikan uraian interpretatif berbasis hasil evaluasi secara terbatas untuk membantu proses pertimbangan peternak tanpa menghasilkan keputusan atau rekomendasi baru di luar hasil evaluasi yang telah ditentukan oleh mekanisme sistem.
- d. Pengujian pengguna pada penelitian ini mencakup aspek *usability* dan penerimaan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan, serta validasi terbatas terhadap kualitas *output* interpretatif AI. Pengujian *usability* dan penerimaan pengguna dilakukan terhadap lima peternak Murai Batu, sedangkan validasi terbatas kualitas interpretasi AI melibatkan dua peternak Murai Batu berpengalaman sebagai ahli domain. Instrumen *usability* dan penerimaan pengguna disusun secara kontekstual berdasarkan acuan teoritis *usability* dan penerimaan pengguna, serta diuji reliabilitas internalnya secara terbatas. Namun, karena jumlah responden terbatas dan pengujian tidak ditujukan sebagai pengujian psikometrik formal, hasil validitas isi dan reliabilitas instrumen tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik terhadap seluruh populasi peternak Murai Batu. Hasil pengujian digunakan sebagai penilaian awal terhadap kelayakan penggunaan sistem dan kelayakan *output* interpretatif AI dalam praktik *breeding*. Justifikasi penggunaan instrumen mandiri, pendekatan validitas isi, serta hasil uji reliabilitas instrumen diuraikan lebih lanjut pada Subbab 3.3.2.
- e. Evaluasi terhadap pemanfaatan AI pada penelitian ini dibatasi pada penilaian kualitas *output* interpretatif yang dihasilkan AI dalam menjelaskan hasil evaluasi deterministik. Penilaian dilakukan menggunakan rubrik kualitatif dan tidak diarahkan pada pengujian akurasi model AI secara statistik. Hal ini dikarenakan AI tidak berperan sebagai penentu klasifikasi evaluasi, melainkan sebagai lapisan interpretatif yang mendukung penyajian hasil evaluasi agar lebih mudah dipahami oleh peternak.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Informasi Manajemen Berbasis Data

Sistem informasi manajemen merupakan bagian dari disiplin sistem informasi yang berfokus pada pengelolaan data dan informasi secara terstruktur untuk mendukung aktivitas manajerial dalam organisasi. Dalam kerangka transformasi digital, sistem informasi manajemen dipandang sebagai mekanisme yang mengintegrasikan proses pengumpulan, penyimpanan, dan pengolahan data. Melalui mekanisme tersebut, data dapat dimanfaatkan secara konsisten dalam mendukung efisiensi dan kinerja organisasi. Menurut Nadia dan Nasution (2024), sistem informasi manajemen berperan penting dalam meningkatkan efisiensi organisasi melalui pengelolaan data yang terorganisasi dan terstandar, sementara Putra *et al.* (2024) menegaskan bahwa pengelolaan data yang baik merupakan fondasi utama dalam mendorong kinerja organisasi pada era digital.

Data yang dikelola dalam sistem informasi manajemen pada umumnya bersifat historis dan berulang karena merekam aktivitas organisasi dalam rentang waktu tertentu. Karakteristik ini menjadikan sistem informasi tidak hanya berfungsi sebagai sarana pencatatan, tetapi juga sebagai mekanisme untuk menjaga keberlanjutan dokumentasi dan keterlacakan data lintas periode. Implementasi sistem informasi dalam berbagai konteks organisasi menunjukkan bahwa pengelolaan data yang terstruktur memungkinkan data tersimpan secara konsisten dan mudah diakses kembali ketika dibutuhkan (Ikhwan *et al.*, 2025; Prasetyo *et al.*, 2024). Lebih lanjut, dalam perspektif sistem informasi manajemen berbasis data, data tidak diposisikan hanya sebagai arsip pasif. Pengelolaan data yang terstruktur memungkinkan data historis diolah secara sistematis sehingga menghasilkan informasi yang relevan dan konsisten untuk mendukung kebutuhan organisasi (Hamdat *et al.*, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, pengelolaan data historis yang terstruktur tidak hanya berfungsi sebagai sarana dokumentasi, tetapi juga menjadi landasan bagi proses evaluasi yang sistematis. Pada penelitian ini, data historis *breeding* dimanfaatkan untuk mendukung proses evaluasi *breeding*, khususnya evaluasi *pairing* indukan sebagai unit analisis utama. Hasil evaluasi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk rekomendasi untuk mendukung pengambilan keputusan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem informasi manajemen berbasis

data diarahkan sebagai fondasi bagi pengembangan sistem pendukung keputusan yang mendukung proses evaluasi *breeding* secara terstruktur dan berbasis data historis.

2.1.1 Sistem Informasi Sebagai Instrumen Pengelolaan Data Historis dan Operasional

Dalam kajian sistem informasi, data historis dan data operasional dipandang sebagai dua komponen yang saling berkaitan dalam pengelolaan data organisasi. Data operasional yang dicatat secara konsisten akan membentuk kumpulan data historis yang dapat dimanfaatkan untuk penelusuran dan analisis di masa mendatang. Berdasarkan keterkaitan tersebut, sistem informasi berperan sebagai instrumen yang mengelola kontinuitas data lintas waktu dalam suatu kerangka yang terorganisasi. Sistem informasi memungkinkan pengelolaan data tersebut dilakukan secara terpusat melalui mekanisme penyimpanan, pengorganisasian, dan penelusuran data yang sistematis. Menurut Rosdiyanto dan Tjahjanto (2025), penerapan sistem informasi meningkatkan keteraturan dokumentasi karena seluruh aktivitas pencatatan dilakukan dalam satu sistem yang terintegrasi. Melalui integrasi tersebut, data yang sebelumnya tersebar dapat dikelola secara lebih konsisten dan mudah ditelusuri kembali. Kondisi ini secara langsung berimplikasi pada berkurangnya ketergantungan terhadap pencatatan manual yang rentan terhadap kehilangan data serta inkonsistensi informasi (Duma & Pusvita, 2023; Nadia & Nasution, 2024).

Dalam perkembangannya, sistem informasi berbasis web menjadi pendekatan yang banyak digunakan untuk mendukung pengelolaan data historis dan operasional secara berkelanjutan. Sistem berbasis web memiliki karakteristik aksesibilitas yang tinggi karena dapat diakses melalui jaringan internet tanpa keterbatasan lokasi dan waktu. Menurut Putra *et al.* (2024), penerapan sistem berbasis digital memungkinkan integrasi proses dan aktivitas organisasi secara lebih efisien. Dengan integrasi tersebut, data operasional yang terus diperbarui dapat dikelola secara berkelanjutan dan dimanfaatkan sebagai informasi untuk mendukung kebutuhan organisasi. Karakteristik ini menjadikan sistem informasi berbasis web relevan untuk pengelolaan data yang bersifat dinamis dan berulang.

Pengelolaan data historis dan operasional yang terintegrasi melalui sistem informasi berbasis web memberikan dasar yang kuat bagi pemanfaatan data untuk kebutuhan manajerial. Menurut Hamdat *et al.* (2024), sistem informasi manajemen berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi karena data yang digunakan telah terdokumentasi secara sistematis dan dapat ditelusuri kembali. Selain itu, pendekatan pengelolaan data yang berkelanjutan memungkinkan organisasi memanfaatkan data historis untuk memahami pola

dan perkembangan aktivitas dari waktu ke waktu. Pemanfaatan tersebut mendukung proses evaluasi yang lebih konsisten dan berbasis data, terutama pada sektor yang menghasilkan data operasional secara berulang seperti peternakan (Niloofar *et al.*, 2021).

2.1.2 Penerapan Sistem Informasi dalam Bidang Peternakan

Sektor peternakan merupakan salah satu domain produksi yang menghasilkan data operasional dan populasi ternak secara berulang dari waktu ke waktu (Papakonstantinou *et al.*, 2024). Aktivitas pemeliharaan, produksi, dan pengelolaan ternak secara berkelanjutan membentuk kumpulan data yang saling berkaitan antarperiode, sehingga menuntut pengelolaan data yang terstruktur dan berkelanjutan. Pada kondisi tersebut, sistem informasi berperan penting sebagai infrastruktur yang mengintegrasikan data operasional dan historis untuk menjaga konsistensi, keterlacakan, dan kesinambungan informasi dalam pengelolaan peternakan (Sánchez-Hernández *et al.*, 2020).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem informasi telah diterapkan pada sektor peternakan untuk mendukung pengelolaan data produksi dan aktivitas ternak secara terintegrasi. Penerapan sistem informasi pada peternakan ayam petelur, misalnya, difokuskan pada pencatatan data populasi, produksi, dan aktivitas pemeliharaan yang tersimpan dalam satu basis data terpusat sehingga memudahkan proses pengelolaan dan penelusuran data (Nelfira *et al.*, 2024). Selain itu, sistem informasi peternakan berbasis web juga dikembangkan untuk mendukung pengelolaan data lintas aktivitas secara terintegrasi dan terdokumentasi dengan baik. Pendekatan ini menunjukkan bahwa sistem informasi berperan sebagai sarana pengelolaan data operasional pada sektor peternakan tanpa bergantung pada pencatatan manual (Firdaus, 2025).

Pada konteks burung Murai Batu, pengembangan sistem informasi berbasis web telah dilakukan untuk mendukung interaksi komunitas, forum diskusi, serta penyampaian informasi kegiatan dan pemeliharaan burung dalam satu wadah digital (Irvan *et al.*, 2023). Namun, sistem tersebut masih berfokus pada fungsi komunikasi dan informasi umum. Sistem tersebut belum diarahkan untuk mendukung pengelolaan data *breeding* maupun proses evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar dalam evaluasi *breeding* berbasis data historis.

2.1.3 Keterbatasan Pendekatan Pengelolaan Data Konvensional

Pendekatan pengelolaan data secara konvensional pada umumnya dilakukan melalui pencatatan manual dan penggunaan media yang berdiri sendiri, seperti buku tulis, arsip fisik,

atau dokumen terpisah (Solo & Putra, 2025). Pola pengelolaan ini biasanya berorientasi pada pemenuhan kebutuhan operasional jangka pendek dan belum dirancang untuk mendukung kesinambungan data dalam jangka panjang. Akibatnya, data yang dihasilkan sering kali tidak terintegrasi, tersebar pada berbagai media, serta sangat bergantung pada pihak atau individu yang melakukan pencatatan. Dalam kajian sistem informasi, pendekatan konvensional dipahami sebagai bentuk pengelolaan data yang menekankan fungsi administratif. Pada pendekatan tersebut, aktivitas pencatatan lebih dominan dibandingkan upaya pengorganisasian dan pemanfaatan data secara terstruktur dan berkelanjutan (Duma & Pusvita, 2023; Rosdiyanto & Tjahjanto, 2025).

Keterbatasan struktural dalam pendekatan pengelolaan data konvensional berimplikasi langsung terhadap proses evaluasi dan pengambilan keputusan. Ketika data historis tidak terdokumentasi secara konsisten dan sulit ditelusuri lintas periode, informasi yang tersedia secara konseptual menjadi terfragmentasi dan tidak membentuk rekam jejak data yang utuh. Kondisi tersebut menyulitkan pemanfaatan data sebagai dasar evaluasi yang sistematis (Pratama *et al.*, 2025). Akibatnya, informasi yang tersedia kurang memadai untuk mendukung analisis perbandingan dari waktu ke waktu. Keputusan yang diambil akhirnya lebih banyak bergantung pada pengalaman individu dibandingkan pemanfaatan data yang terstruktur. Literatur menunjukkan bahwa pengelolaan data yang terintegrasi dan terstruktur menjadi prasyarat penting dalam pemanfaatan data pada sektor peternakan. Hal ini disebabkan data peternakan bersifat berkelanjutan dan berasal dari berbagai sumber, sehingga diperlukan mekanisme integrasi untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data (Niloofar *et al.*, 2021; Pal *et al.*, 2023).

2.2 Evaluasi *Breeding* dalam Manajemen Peternakan

Breeding dalam manajemen peternakan tidak hanya dipandang sebagai aktivitas teknis, tetapi sebagai proses yang menghasilkan keluaran dan memiliki implikasi terhadap keputusan pengelolaan ternak. Setiap aktivitas *breeding* menghasilkan capaian tertentu yang perlu dinilai untuk mengetahui tingkat efektivitas dan kesesuaiannya dengan tujuan pengelolaan yang telah ditetapkan. Dalam kerangka manajemen, evaluasi berfungsi sebagai mekanisme penilaian hasil aktivitas sekaligus sebagai dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan lanjutan (Araújo *et al.*, 2024).

Evaluasi *breeding* memerlukan dasar penilaian yang rasional agar tidak sepenuhnya bergantung pada intuisi atau pengalaman subjektif. Pemanfaatan data hasil aktivitas

sebelumnya memungkinkan proses ini dilakukan secara lebih objektif melalui perbandingan capaian lintas periode. Pendekatan evaluasi kinerja berbasis data historis telah banyak digunakan dalam pengelolaan proses produksi untuk mendukung penilaian performa dan pengambilan keputusan yang lebih terstruktur (Cahyani & Dewi, 2025).

Selain itu, evaluasi *breeding* tidak bersifat satu kali, melainkan berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan siklus *breeding* yang berulang. Evaluasi yang dilakukan secara berkesinambungan memungkinkan terjadinya pembelajaran dan perbaikan keputusan dari waktu ke waktu, sehingga mendukung pengelolaan peternakan yang lebih adaptif dan konsisten (Nindiani *et al.*, 2025).

Pada penelitian ini, evaluasi *breeding* difokuskan pada analisis performa *pairing* indukan sebagai unit evaluasi utama, karena keputusan *breeding* dalam praktik peternakan secara operasional ditentukan berdasarkan performa pasangan indukan secara spesifik. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk rekomendasi sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan terkait keberlanjutan *pairing* indukan. Dengan posisi tersebut, evaluasi *breeding* menjadi dasar konseptual bagi penggunaan sistem pendukung keputusan yang dibahas pada subbab berikutnya.

2.2.1 Konsep Evaluasi dalam Proses *Breeding*

Dalam perspektif manajemen, evaluasi dipahami sebagai proses sistematis untuk menilai capaian suatu aktivitas serta kesesuaiannya dengan tujuan yang telah ditetapkan. Evaluasi berfungsi sebagai mekanisme penilaian kinerja yang memberikan umpan balik bagi pengambil keputusan dalam menentukan keberlanjutan atau penyesuaian strategi yang diterapkan. Dalam sistem manajemen kinerja, evaluasi dilakukan melalui pengukuran berbagai dimensi dan kriteria yang mencerminkan hubungan antara proses dan hasil. Pengukuran tersebut memungkinkan penilaian efektivitas sistem secara lebih komprehensif (Araújo *et al.*, 2024).

Pada bidang agribisnis dan peternakan, evaluasi kinerja telah diterapkan sebagai bagian dari praktik manajemen untuk menilai efektivitas aktivitas produksi ternak. Evaluasi tersebut digunakan untuk mengukur capaian hasil serta menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan keberlanjutan atau perbaikan pengelolaan usaha peternakan pada periode berikutnya (Napitupulu *et al.*, 2024; Rosa *et al.*, 2024).

Breeding sebagai bagian dari aktivitas produksi ternak memiliki karakteristik yang sejalan dengan aktivitas agribisnis lainnya, yaitu menghasilkan keluaran yang dapat dinilai

performanya. Oleh karena itu, *breeding* dapat diposisikan sebagai objek evaluasi dalam manajemen peternakan. Evaluasi *breeding* memungkinkan penilaian terhadap capaian hasil *breeding* serta memberikan pertimbangan rasional dalam menentukan keberlanjutan atau penyesuaian strategi *breeding* pada periode berikutnya.

Pada penelitian ini, evaluasi *breeding* diposisikan secara operasional sebagai evaluasi terhadap *pairing* indukan, sehingga keputusan yang dihasilkan dapat diarahkan secara langsung pada keberlanjutan atau penyesuaian pasangan indukan yang digunakan.

2.2.2 Peran Data Historis dalam Evaluasi *Breeding*

Dalam proses evaluasi, data historis berperan sebagai rekam jejak aktivitas *breeding* yang menjadi dasar penilaian terhadap capaian hasil pada periode sebelumnya. Pemanfaatan data tersebut memungkinkan evaluasi dilakukan secara lebih objektif karena penilaian tidak hanya didasarkan pada kondisi terkini, tetapi juga mempertimbangkan hasil yang telah dicapai dari waktu ke waktu. Dengan peran tersebut, data historis menjadi acuan perbandingan dalam mengevaluasi konsistensi, kecenderungan, dan perkembangan hasil *breeding* yang telah dicapai.

Pada bidang agribisnis dan peternakan, evaluasi kinerja umumnya memanfaatkan data hasil produksi yang tercatat secara berulang untuk menilai performa operasional dan mendukung pengambilan keputusan pengelolaan. Penelitian mengenai pengukuran kinerja menunjukkan bahwa data historis digunakan untuk membandingkan capaian lintas periode, sehingga evaluasi dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas aktivitas produksi serta kebutuhan perbaikan pada periode berikutnya (Cahyani & Dewi, 2025). Pendekatan serupa juga diterapkan dalam evaluasi performa produksi ternak ayam broiler. Pada pendekatan tersebut, data hasil produksi dari periode pemeliharaan sebelumnya dimanfaatkan sebagai acuan penilaian kinerja usaha peternakan dan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan operasional (Wijayanto *et al.*, 2023).

Dalam evaluasi *breeding*, data historis hasil *breeding* membantu menafsirkan kondisi pasangan indukan pada periode berjalan. Data tersebut tidak dimaknai sebagai alat untuk memprediksi hasil *breeding* secara pasti, melainkan sebagai dasar untuk memahami pola hasil yang pernah dicapai, tingkat konsistensi produksi, serta riwayat keberhasilan atau keterbatasan pasangan indukan.

Dengan memanfaatkan data historis, evaluasi *breeding* dapat menghasilkan informasi yang lebih terstruktur dan rasional. Informasi tersebut mendukung peternak dalam

menentukan keberlanjutan *pairing* indukan, kebutuhan pemantauan lanjutan, maupun waktu evaluasi ulang secara lebih terencana. Pada penelitian ini, data historis digunakan untuk mengevaluasi performa *pairing* indukan secara spesifik melalui indikator evaluasi berbasis data historis.

Meskipun pendekatan evaluasi berbasis data historis telah banyak digunakan pada bidang peternakan secara umum, praktik *breeding* pada burung kicau di tingkat peternak masih menunjukkan karakteristik yang berbeda. Studi empiris menunjukkan bahwa proses seleksi dan evaluasi indukan pada peternakan burung kicau masih didominasi oleh pengetahuan *tacit* dan pengalaman individual peternak, tanpa indikator evaluasi yang terformalisasi dan terdokumentasi secara sistematis (Soares *et al.*, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara pendekatan evaluasi berbasis data yang terstruktur dengan praktik *breeding* yang masih bersifat subjektif dan belum terintegrasi dalam sistem.

2.2.3 Evaluasi *Breeding* Sebagai Proses Berkelanjutan

Dalam perspektif manajemen, evaluasi tidak dipahami sebagai aktivitas yang bersifat satu kali, melainkan sebagai proses berulang yang berlangsung seiring dengan berjalannya suatu aktivitas operasional. Proses yang berkelanjutan ini memungkinkan hasil penilaian pada satu periode digunakan sebagai masukan bagi perencanaan dan pengambilan keputusan pada periode berikutnya. Pendekatan ini menempatkan evaluasi sebagai bagian dari siklus manajerial yang berfungsi untuk memastikan bahwa aktivitas yang dijalankan tetap selaras dengan tujuan serta dapat disesuaikan ketika ditemukan ketidaksesuaian atau perubahan kondisi (Nindiani *et al.*, 2025).

Menurut Abidin *et al.* (2023), aktivitas reproduksi ternak bersifat dinamis dan berlangsung secara berulang, sehingga performanya dapat dipengaruhi oleh perubahan kondisi dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, evaluasi *breeding* perlu dilakukan secara periodik agar hasil pada satu periode tidak diperlakukan sebagai kesimpulan akhir. Pendekatan berkelanjutan memungkinkan pemantauan terhadap perkembangan kondisi indukan, konsistensi hasil *breeding*, serta respons terhadap tindakan manajerial yang telah diterapkan. Proses ini juga berfungsi sebagai sarana pembelajaran yang membantu pengelola peternakan memahami dinamika *breeding* secara lebih komprehensif.

Dalam kerangka evaluasi *breeding*, keberlanjutan proses tercermin pada adanya pemantauan lanjutan, peninjauan ulang hasil sebelumnya, serta penetapan waktu evaluasi

berikutnya secara terencana. Proses ini tidak hanya menghasilkan penilaian terhadap kondisi saat ini, tetapi juga membentuk dasar bagi siklus evaluasi selanjutnya.

Berdasarkan uraian tersebut, evaluasi *breeding* diposisikan sebagai proses manajerial yang berkesinambungan yang mendukung pengambilan keputusan secara bertahap dan adaptif, tanpa mengabaikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama. Pada proses tersebut, evaluasi berkelanjutan terhadap *pairing* indukan menjadi acuan bagi keputusan peternak yang didukung oleh sistem melalui pemanfaatan data historis pada setiap siklus evaluasi. Pendekatan ini sejalan dengan konsep sistem pendukung keputusan, karena hasil evaluasi berbasis data historis digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan secara terstruktur.

2.3 Sistem Pendukung Keputusan dalam Sistem Informasi

Pengambilan keputusan dalam aktivitas manajerial umumnya dilakukan setelah informasi hasil evaluasi tersedia sebagai bahan pertimbangan. Pada aktivitas *breeding* burung Murai Batu, proses pengambilan keputusan berkaitan erat dengan evaluasi performa *pairing* indukan. *Pairing* indukan menjadi unit analisis utama dalam evaluasi *breeding* berbasis data historis. Dalam praktiknya, proses pengambilan keputusan tidak selalu berlangsung dalam kondisi yang sepenuhnya terstruktur karena dipengaruhi oleh ketidakpastian, keterbatasan informasi, serta pengalaman dan pertimbangan subjektif pengambil keputusan. Kajian mengenai penggunaan sistem pendukung keputusan dalam situasi nyata menunjukkan bahwa pengambil keputusan membutuhkan dukungan sistem yang mampu membantu memahami dan menginterpretasikan informasi yang tersedia agar dapat dimanfaatkan secara efektif dalam proses pengambilan keputusan sehari-hari (Morrison *et al.*, 2023). Hasil evaluasi tersebut selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk rekomendasi sebagai bahan pertimbangan bagi peternak.

Sistem pendukung keputusan diposisikan sebagai bagian dari sistem informasi yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam menganalisis dan menafsirkan informasi yang tersedia. Menurut Fernando dan Baldelovar (2022), sistem pendukung keputusan berfungsi sebagai alat bantu yang menyediakan struktur analisis, informasi relevan, serta dukungan pemahaman terhadap permasalahan yang dihadapi tanpa menggantikan peran manusia sebagai pengambil keputusan utama. Pemanfaatan sistem pendukung keputusan dalam berbagai bidang juga menunjukkan bahwa sistem ini digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang bersifat kompleks dan berbasis data.

Melalui dukungan tersebut, pengguna dapat mengolah dan menafsirkan informasi dari berbagai sumber secara lebih rasional dan terstruktur (Yallah & Nugroho, 2026). Dalam penelitian ini, sistem pendukung keputusan dimanfaatkan untuk mendukung proses evaluasi *pairing* indukan sebagai bagian dari evaluasi *breeding*, dengan data historis sebagai dasar analisis dan pertimbangan keputusan.

2.3.1 Konsep dan Karakteristik Sistem Pendukung Keputusan

Sistem pendukung keputusan didefinisikan sebagai sistem berbasis komputer yang dirancang untuk memfasilitasi pemanfaatan data dan informasi dalam proses analisis secara terstruktur. Sistem ini dikembangkan untuk menangani permasalahan semi-terstruktur dengan menyediakan kerangka kerja analitis yang bersifat fleksibel dan adaptif. Menurut Fernando dan Baldeovar (2022), sistem pendukung keputusan menyediakan struktur analisis dan informasi yang relevan guna membantu pengguna memahami permasalahan yang dihadapi melalui pendekatan yang sistematis.

Pengembangan sistem pendukung keputusan berkaitan erat dengan karakteristik keputusan yang dihadapi oleh pengambil keputusan. Tidak seluruh keputusan bersifat terstruktur secara penuh karena banyak keputusan melibatkan unsur ketidakpastian dan pertimbangan subjektif. Keputusan dengan karakteristik tersebut sering dikategorikan sebagai keputusan semi-terstruktur, yaitu keputusan yang tidak dapat sepenuhnya diselesaikan melalui prosedur baku dan tetap memerlukan penilaian manusia (Laudon & Laudon, 2020).

Sebagai sebuah sistem, sistem pendukung keputusan tersusun atas beberapa komponen konseptual yang saling berkaitan. Komponen tersebut meliputi komponen data sebagai sumber informasi, komponen model atau analisis untuk mengolah dan mengevaluasi informasi, serta komponen antarmuka yang memungkinkan interaksi antara sistem dan pengguna. Keterpaduan antar komponen ini memungkinkan sistem memberikan dukungan analitis secara sistematis, sehingga pengguna dapat mengeksplorasi berbagai alternatif keputusan secara lebih terstruktur.

Selain aspek struktural, sistem pendukung keputusan memiliki karakteristik utama yang berkaitan dengan keterlibatan aktif pengguna dalam proses pengambilan keputusan. Sistem ini dirancang untuk mendukung proses penilaian dengan cara menyajikan informasi dan hasil analisis yang dapat dipahami serta dimanfaatkan oleh pengguna. Dengan karakteristik tersebut, sistem pendukung keputusan berperan sebagai sarana pendukung yang memperkuat proses pertimbangan tanpa mengambil alih kewenangan pengambilan keputusan. Efektivitas

sistem sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengguna dalam menafsirkan dan memanfaatkan informasi analitis yang dihasilkan oleh sistem (Yallah & Nugroho, 2026). Pada penelitian ini, komponen model diwujudkan dalam bentuk indikator evaluasi berbasis data historis yang digunakan untuk menilai performa *pairing* indukan secara sistematis. Struktur konseptual tersebut menunjukkan bahwa sistem pendukung keputusan tidak berdiri sebagai satu fitur tunggal, melainkan sebagai sistem terpadu yang mendukung proses analisis dan penalaran pengguna (Fernando & Baldeovar, 2022).

2.3.2 Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Data dan Analisis

Sistem pendukung keputusan memanfaatkan data sebagai fondasi utama dalam menyediakan informasi yang mendukung proses pengambilan keputusan. Data yang dikelola secara sistematis tidak hanya berfungsi sebagai arsip, tetapi juga sebagai sumber untuk memahami kondisi, pola, dan kecenderungan yang relevan bagi pengambilan keputusan (Niloofer *et al.*, 2021). Melalui proses analisis, data tersebut diolah menjadi informasi yang memungkinkan pengambil keputusan mengevaluasi berbagai alternatif secara lebih rasional dan terstruktur. Dengan dukungan tersebut, keputusan yang dihasilkan tidak semata bergantung pada intuisi atau pengalaman subjektif (Hamdat *et al.*, 2024). Informasi yang dihasilkan selanjutnya disajikan sebagai bahan pendukung yang memerlukan interpretasi oleh pengguna. Efektivitasnya ditentukan oleh kemampuan pengguna dalam mengintegrasikan keluaran sistem terhadap keputusan yang dihadapi (Morrison *et al.*, 2023).

Pada aktivitas yang berulang dan terdokumentasi secara historis, sistem pendukung keputusan dapat menggunakan pendekatan berbasis aturan (*rule-based*) sebagai mekanisme analisis yang terstruktur dan transparan. Pendekatan ini merepresentasikan pengetahuan dalam bentuk aturan eksplisit yang menghubungkan kondisi tertentu dengan keluaran tertentu. Sistem berbasis aturan dalam *decision support* dapat digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan melalui aturan yang terstruktur, sehingga proses evaluasi lebih mudah ditelusuri (Silva *et al.*, 2023). Dalam sistem berbasis aturan, aturan umumnya direpresentasikan dalam bentuk IF–THEN, yaitu bagian IF sebagai kondisi atau *antecedent* dan bagian THEN sebagai aksi atau *consequent*. Menurut Nobre *et al.* (2023), aturan dalam *rule-based system* dapat dinyatakan dalam bentuk IF *antecedent*, THEN *consequent*. Bentuk tersebut sesuai untuk merepresentasikan mekanisme evaluasi yang eksplisit dan dapat ditelusuri. Karakteristik ini relevan untuk evaluasi berbasis data historis karena menekankan konsistensi, transparansi, dan keterlacakan hasil.

Indikator kuantitatif dalam sistem pendukung keputusan berbasis data dapat disusun untuk merepresentasikan performa berdasarkan kejadian historis yang teramati. Dalam penelitian ini, *success rate* digunakan karena mampu menunjukkan proporsi keberhasilan *trip breeding* terhadap total *trip* yang dievaluasi, sehingga sesuai untuk menggambarkan kecenderungan performa historis *pairing* indukan. Selain itu, indikator perubahan performa digunakan untuk membandingkan performa terbaru dengan performa historis. Dengan indikator tersebut, sistem tidak hanya membaca tingkat keberhasilan secara umum, tetapi juga memperhatikan arah perubahan performa dalam periode terbaru.

Penetapan ambang batas dalam sistem berbasis aturan dapat melibatkan *expert judgment*, terutama ketika data empiris dalam skala besar belum tersedia. *Structured expert elicitation* dapat digunakan untuk memperoleh penilaian ahli secara lebih sistematis, transparan, dan konsisten ketika bukti empiris masih terbatas (Soares *et al.*, 2024). Oleh karena itu, ambang batas dalam penelitian ini diposisikan sebagai parameter operasional berbasis pengetahuan praktis peternak, bukan sebagai standar biologis mutlak.

2.3.3 Batasan Sistem Pendukung Keputusan

Sistem pendukung keputusan memiliki keterbatasan yang melekat pada fungsi dan mekanisme operasionalnya. Sistem ini tidak ditujukan untuk mengambil keputusan secara otomatis, melainkan untuk menyediakan dukungan berupa informasi dan analisis bagi pengambil keputusan. Kualitas keluaran yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kualitas data yang digunakan serta kesesuaian model analisis yang diterapkan. Di samping itu, sistem pendukung keputusan tidak mampu sepenuhnya merepresentasikan konteks implisit, nilai subjektif, maupun pertimbangan situasional yang sering kali memengaruhi keputusan manajerial (Fernando & Baldeovar, 2022).

Selain keterbatasan tersebut, sistem pendukung keputusan juga bergantung pada data historis sebagai dasar analisis. Ketergantungan ini berpotensi menimbulkan bias apabila data yang digunakan tidak merepresentasikan kondisi secara seimbang, sehingga dapat memengaruhi objektivitas informasi yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kritis dari pengguna untuk memastikan bahwa hasil analisis sistem tetap selaras dengan nilai, prinsip, serta pertimbangan kontekstual yang tidak sepenuhnya dapat dimodelkan melalui pendekatan berbasis aturan (Shahid & Sheikh, 2021).

2.4 *Artificial Intelligence* dan *Large Language Model* dalam Sistem Pendukung Keputusan

Perkembangan *Artificial Intelligence* telah memperluas kemampuan sistem pendukung keputusan dalam mendukung pemanfaatan data secara lebih terstruktur. Menurut Niloofar *et al.* (2021), pendekatan *decision support* yang memanfaatkan data dan teknologi cerdas memungkinkan sistem membantu pengguna memahami kondisi serta pola yang muncul dari data historis secara sistematis. Dalam kerangka ini, AI tidak diposisikan sebagai pengganti mekanisme evaluasi yang telah diformalkan dalam sistem. AI berperan sebagai komponen pendukung yang membantu menyusun dan menyajikan hasil evaluasi agar lebih mudah dipahami oleh pengguna, dengan tetap menempatkan manusia sebagai pengambil keputusan. Pemanfaatan AI dalam sistem pendukung keputusan menjadi relevan pada domain berbasis data, termasuk peternakan, karena sistem dapat menyediakan dukungan informasi yang konsisten dan terdokumentasi sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan.

Pemanfaatan *Artificial Intelligence* dalam sektor peternakan telah banyak dikaji sebagai pendekatan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha ternak. Menurut Aini dan Septaningsih (2025), penerapan AI dalam peternakan berperan dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data, khususnya pada aspek operasional seperti manajemen pakan, pemantauan kesehatan hewan, dan otomatisasi proses produksi. Namun, pemanfaatan tersebut belum secara spesifik diarahkan untuk mendukung proses evaluasi *breeding* berbasis *pairing* indukan yang bersifat reflektif dan berbasis data historis.

Seiring dengan perkembangan tersebut, pendekatan berbasis bahasa seperti *Large Language Model* (LLM) mulai digunakan untuk mendukung proses penyusunan dan interpretasi informasi dalam sistem pendukung keputusan. LLM merupakan bagian dari *Artificial Intelligence* yang dirancang untuk memahami konteks dan menghasilkan uraian berbasis bahasa alami. Kemampuan tersebut mendukung penyajian hasil evaluasi dalam bentuk deskriptif yang lebih mudah dipahami oleh pengguna. Pada sistem pendukung keputusan evaluatif, LLM bekerja di atas hasil evaluasi *pairing* indukan yang telah dihitung melalui mekanisme deterministik berbasis aturan dan indikator historis. LLM berperan sebagai lapisan interpretatif yang menyusun penjelasan kontekstual terhadap rekomendasi yang dihasilkan sistem. Rekomendasi tersebut merupakan representasi dari hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis. Dengan posisi tersebut, kewenangan pengambilan keputusan tetap berada pada pengguna,

sementara LLM memperkaya proses refleksi dan pemahaman tanpa menjadi penentu keputusan akhir (Yang *et al.*, 2023).

2.4.1 *Artificial Intelligence* sebagai Alat Bantu Analisis dan Interpretasi dalam Sistem Pendukung Keputusan

Menurut Kostopoulos *et al.* (2024), *Artificial Intelligence* dalam sistem pendukung keputusan diposisikan sebagai komponen pendukung yang membantu proses analisis pada permasalahan yang bersifat kompleks dan semi-terstruktur. Dalam praktik implementasi tertentu, AI dapat digunakan untuk mengolah data dan menghasilkan keluaran analitis. Namun, pada sistem pendukung keputusan evaluatif berbasis data historis, AI tidak menggantikan mekanisme evaluasi yang telah diformalkan dalam sistem. AI bekerja di atas hasil analisis evaluasi *pairing* indukan yang telah dihitung melalui indikator terstruktur. Dalam kerangka ini, AI tidak berdiri sebagai penentu keputusan, tetapi sebagai alat bantu yang memperjelas dan menyajikan hasil evaluasi. Peran tersebut mendukung proses penalaran pengguna tanpa menggantikan manusia sebagai aktor utama.

Peran AI dalam sistem pendukung keputusan terletak pada kemampuannya membantu penyusunan dan penyajian informasi yang relevan bagi pengambil keputusan. Keluaran yang dihasilkan berupa uraian interpretatif dan penjelasan kontekstual atas hasil evaluasi sistem, yang tetap memerlukan penilaian lebih lanjut oleh pengguna. Pendekatan ini menempatkan manusia dalam posisi *human-in-the-loop*, karena interpretasi akhir, pertimbangan konteks, serta pengalaman tetap menjadi faktor penentu dalam pengambilan keputusan. Pada posisi tersebut, AI berfungsi untuk mendukung proses pemahaman dan refleksi atas hasil evaluasi secara sistematis tanpa mengambil alih kewenangan pengambilan keputusan (Kostopoulos *et al.*, 2024).

Selain membantu penyajian informasi, AI berperan dalam mendukung proses interpretasi terhadap keluaran sistem pendukung keputusan. AI dapat menyusun hasil evaluasi dalam bentuk yang lebih terstruktur dan deskriptif sehingga memudahkan pengguna dalam memahami implikasi manajerial dari data yang tersedia. Namun, proses interpretasi tetap bergantung pada pengguna karena AI tidak sepenuhnya mampu menangkap nilai, kondisi situasional, dan pertimbangan subjektif yang melekat pada keputusan evaluatif. Oleh karena itu, AI dipahami sebagai sarana pendukung refleksi yang bekerja sebagai bagian dari sistem secara keseluruhan, bukan sebagai pengambil keputusan otomatis (Mahamad *et al.*,

2025). AI tidak memiliki kewenangan untuk mengubah hasil evaluasi yang telah ditentukan oleh sistem, melainkan hanya menyusun interpretasi atas hasil tersebut.

2.4.2 *Large Language Model* dalam Sistem Pendukung Keputusan

Large Language Model merupakan pendekatan spesifik dalam *Artificial Intelligence* yang berkembang sebagai bagian dari *foundation models*, yaitu model berskala besar yang dilatih untuk menangani beragam tugas secara umum melalui representasi pengetahuan yang luas. Menurut Bommasani *et al.* (2022), *foundation models*, termasuk LLM, memiliki karakteristik kemampuan generalisasi lintas tugas yang memungkinkan model beradaptasi pada beragam permasalahan tanpa dirancang secara khusus untuk satu fungsi tertentu. Dalam pembahasan ini, LLM diposisikan sebagai bagian dari AI modern yang berfokus pada pengolahan informasi berbasis bahasa. Karakteristik tersebut membedakannya dari pendekatan AI lain yang lebih berorientasi pada aturan deterministik atau model spesifik domain.

Karakteristik utama LLM terletak pada kemampuannya menghasilkan uraian berbasis bahasa alami dari informasi yang diberikan melalui konteks *input*. LLM mampu menyusun keterkaitan antar informasi secara deskriptif sehingga mendukung penyajian hasil evaluasi dalam bentuk yang lebih mudah dipahami oleh pengguna. Pada sistem pendukung keputusan evaluatif, LLM tidak berfungsi untuk menghitung indikator atau menentukan hasil evaluasi. LLM bekerja di atas keluaran analitis berupa hasil evaluasi *pairing* indukan untuk menyusun penjelasan kontekstual terhadap rekomendasi yang dihasilkan sistem. Kemampuan tersebut menjadikan LLM relevan dalam sistem yang memerlukan dukungan pemahaman terhadap informasi dan implikasi data, bukan sekadar penyajian keluaran numerik.

Beberapa penelitian telah mulai memanfaatkan LLM untuk analisis dan penyajian informasi berbasis data. Zhou dan Yang (2025) menggunakan LLM untuk melakukan klasifikasi semantik terhadap dokumen dalam mengidentifikasi indikator keberlanjutan, yang menunjukkan kemampuan LLM dalam mengorganisasi informasi berbasis teks secara sistematis. Sementara itu, Topal *et al.* (2025) memanfaatkan LLM untuk menghasilkan penjelasan terhadap *output* model prediktif perilaku hewan, dengan tujuan meningkatkan pemahaman terhadap hasil analisis yang dihasilkan oleh model *machine learning*. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa LLM memiliki potensi dalam mendukung proses pemahaman terhadap data, khususnya pada penyajian dan pengolahan informasi berbasis bahasa alami.

Sebagai salah satu implementasi *Large Language Model*, model *Generative Pre-trained Transformer* (GPT) banyak digunakan dalam berbagai sistem berbasis bahasa untuk mendukung pemrosesan dan penyajian informasi secara kontekstual. Menurut Brown *et al.* (2020), pendekatan ini memiliki kemampuan adaptif terhadap beragam tugas bahasa melalui pemanfaatan representasi pengetahuan yang dipelajari dari data berskala besar. Pada sistem pendukung keputusan, karakteristik tersebut dimanfaatkan untuk menyusun penjelasan berbasis data yang telah dihitung sistem, sehingga pengguna memperoleh dukungan pemahaman yang lebih terstruktur tanpa menggantikan peran mereka sebagai pengambil keputusan akhir.

2.4.3 Pendekatan API-Based dan Batasan Penggunaan *Artificial Intelligence*

Pendekatan *API-based* merupakan mekanisme integrasi layanan yang memungkinkan sistem informasi memanfaatkan kapabilitas eksternal secara modular dan fleksibel. Menurut Ofoeda *et al.* (2024), integrasi berbasis API mendukung kelincahan organisasi dalam mengadopsi teknologi baru karena memungkinkan pemisahan fungsi layanan tanpa harus melakukan perubahan menyeluruh pada struktur sistem yang telah ada. Pada pengembangan sistem berbasis *Artificial Intelligence*, pendekatan ini memosisikan AI sebagai layanan yang dapat diakses sesuai kebutuhan. Dengan mekanisme tersebut, sistem informasi tetap berfokus pada pengelolaan proses dan informasi pendukung keputusan.

Dalam penelitian terapan sistem informasi, pendekatan *API-based* memberikan keunggulan dari sisi efisiensi pengembangan dan ruang lingkup penelitian. Penggunaan API memungkinkan peneliti memusatkan perhatian pada perancangan alur informasi, mekanisme evaluasi berbasis indikator historis, serta pemanfaatan AI sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan. Fokus penelitian tidak diarahkan pada pengembangan dan pelatihan model AI secara mandiri. Pendekatan ini sejalan dengan praktik integrasi layanan modern yang menekankan modularitas, interoperabilitas, dan kemudahan pengembangan sistem pada lingkungan terdistribusi (Mylsamy & Shrivastav, 2025).

Meskipun memberikan kemudahan integrasi, penggunaan *Artificial Intelligence* dalam sistem pendukung keputusan memiliki batasan yang perlu dipahami secara kritis. Dalam kolaborasi manusia dan AI, terdapat risiko munculnya *automation bias*, yaitu kecenderungan pengguna untuk terlalu mempercayai keluaran sistem dan mengurangi keterlibatan penilaian kritis terhadap informasi yang dihasilkan. Pada sistem yang memanfaatkan LLM sebagai komponen interpretatif, risiko tersebut dapat muncul apabila pengguna menganggap keluaran

interpretatif AI sebagai kebenaran tunggal. Risiko ini perlu dihindari dengan tetap mempertimbangkan kondisi operasional, pengalaman lapangan, dan hasil evaluasi kuantitatif yang mendasarinya (Romeo & Conti, 2026).

Oleh karena itu, *Artificial Intelligence* perlu diposisikan secara konseptual sebagai alat bantu dalam sistem pendukung keputusan, bukan sebagai pengambil keputusan otomatis. Menurut Kovari (2024), penerapan AI dalam *decision support* harus menjaga keseimbangan antara akurasi informasi, transparansi proses, dan tingkat kepercayaan pengguna. Dalam penelitian ini, AI ditempatkan sebagai komponen pendukung interpretasi naratif atas hasil evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar evaluasi *breeding* berbasis data historis.

2.4.4 Pemilihan Model GPT-4o Mini dalam Sistem Pendukung Keputusan Evaluatif

Pemilihan model *Large Language Model* dalam sistem pendukung keputusan perlu mempertimbangkan kesesuaian antara karakteristik model dan tujuan sistem yang dikembangkan. Dalam penelitian ini, model GPT-4o Mini dipilih sebagai komponen LLM yang diintegrasikan melalui pendekatan *API-based*. Model ini digunakan untuk mendukung penyusunan interpretasi naratif atas hasil evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar evaluasi *breeding* berbasis data historis. Pemilihan ini tidak diarahkan untuk menghasilkan keputusan otomatis atau melakukan analisis preskriptif, melainkan untuk membantu peternak memahami implikasi manajerial dari hasil evaluasi yang telah dihitung sistem melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis.

Pemilihan model pada penelitian ini tidak hanya mempertimbangkan kemampuan model secara umum, tetapi juga mempertimbangkan kebutuhan implementasi sistem yang dikembangkan. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan meliputi biaya penggunaan API, kapasitas *context window*, serta ketersediaan API untuk mendukung proses integrasi dengan sistem berbasis Laravel. Untuk memberikan dasar pemilihan yang lebih eksplisit, dilakukan perbandingan sederhana terhadap beberapa model yang relevan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Model *Large Language Model* untuk Integrasi Sistem Pendukung Keputusan Evaluatif

Kriteria Sistem	<i>Input Cost</i> (/1M token)	<i>Output Cost</i> (/1M token)	<i>Context window</i>	Ketersediaan API
GPT-4o Mini	\$0.15	\$0.60	128K	REST API dan SDK

(OpenAI, 2024)				resmi OpenAI
Gemini 2.0 Flash (Google AI, 2025)	\$0.10	\$0.40	1M	REST API Google AI dan Vertex AI
Llama 3.1 70B (Meta AI, 2024)	\$0.40–\$2.68	\$0.40–\$3.54	128K	Bergantung pada penyedia <i>inference</i> /API pihak ketiga
Claude Haiku 4.5 (Anthropic, 2025)	\$1.00	\$5.00	200K	Claude API resmi Anthropic, Amazon Bedrock, dan Vertex AI

Berdasarkan Tabel 2.1, pemilihan GPT-4o Mini pada penelitian ini tidak semata-mata didasarkan pada biaya penggunaan API atau kapasitas *context window*. Pemilihan model dilakukan berdasarkan kesesuaian terhadap kebutuhan implementasi sistem secara keseluruhan, terutama ketersediaan REST API, dukungan SDK resmi, dokumentasi yang memadai, serta kemudahan integrasi dengan sistem berbasis Laravel. Meskipun Gemini 2.0 Flash memiliki biaya penggunaan yang lebih rendah dan kapasitas *context window* yang lebih besar, kapasitas 128K *token* pada GPT-4o Mini dinilai telah memadai untuk kebutuhan *prompt* evaluasi *breeding* yang digunakan pada sistem. Selain itu, berdasarkan dokumentasi OpenAI (2024), GPT-4o Mini memiliki mekanisme *token* yang lebih efisien untuk pemrosesan teks non-Inggris. Hal tersebut relevan karena sistem menghasilkan narasi evaluasi *breeding* dalam bahasa Indonesia dengan penggunaan *prompt* yang memuat data historis dan instruksi evaluasi yang cukup panjang.

Pada model Llama 3.1 70B, biaya penggunaan ditampilkan dalam bentuk rentang karena model tersebut bersifat terbuka dan umumnya diakses melalui penyedia *inference* atau API pihak ketiga. Kondisi ini menyebabkan biaya *input* dan *output* dapat berbeda antarpemedia layanan. Oleh karena itu, meskipun Llama 3.1 70B memiliki kapasitas *context window* yang setara dengan GPT-4o Mini, aspek kestabilan integrasi, dokumentasi API, dan kemudahan implementasi menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan model. Sementara itu, Claude Haiku 4.5 memiliki kapasitas *context window* yang lebih besar dibandingkan GPT-4o Mini, yaitu 200K *token*, tetapi biaya *input* dan *output* yang lebih tinggi. Oleh karena itu, meskipun Claude Haiku 4.5 memiliki kemampuan dan kapasitas konteks yang baik, GPT-4o Mini dinilai lebih sesuai dengan kebutuhan sistem karena menawarkan keseimbangan

antara biaya, kapasitas konteks, dukungan API resmi, dan kemudahan integrasi sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan evaluatif.

Menurut Elnashar *et al.* (2025), efektivitas model *Large Language Model* dalam menghasilkan keluaran terstruktur sangat dipengaruhi oleh desain *prompt* dan konteks penggunaan. Hal ini menunjukkan bahwa peran LLM dalam sistem informasi lebih ditentukan oleh kesesuaian tugas dan perancangan interaksi dibandingkan oleh ukuran model semata. Dalam penelitian ini, LLM bekerja di atas keluaran evaluasi deterministik berbasis indikator data historis, sehingga fungsinya difokuskan pada penyusunan dan penyajian informasi secara konsisten, bukan pada proses analisis utama.

Khanifar (2025) menunjukkan bahwa model berkapasitas lebih besar dapat memiliki performa lebih tinggi pada tugas tertentu. Namun, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini tidak dirancang untuk melakukan inferensi ilmiah maupun prediksi biologis. Sistem difokuskan pada penyusunan interpretasi hasil evaluasi berbasis data historis sebagai pendukung proses evaluasi *breeding*. Oleh karena itu, GPT-4o Mini dipilih karena dinilai mampu mendukung proses interpretasi hasil evaluasi secara konsisten melalui integrasi yang sesuai dengan kebutuhan sistem.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, GPT-4o Mini diposisikan sebagai alat bantu interpretasi dalam sistem pendukung keputusan yang berfungsi memperjelas hasil evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar evaluasi *breeding* berbasis data historis. Model ini mendukung proses pemahaman dan pertimbangan keputusan secara lebih terstruktur tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

2.5 Sintesis Literatur dan Posisi Penelitian

Kajian pustaka pada Subbab 2.1 hingga 2.4 menunjukkan bahwa pengelolaan data historis, evaluasi *breeding* yang difokuskan pada analisis *pairing* indukan, sistem pendukung keputusan, serta pemanfaatan *Artificial Intelligence* telah berkembang dalam domainnya masing-masing. Namun, keempat domain tersebut belum terintegrasi secara konseptual pada evaluasi *pairing* indukan burung Murai Batu. Sistem informasi manajemen pada sektor peternakan umumnya berfokus pada pencatatan dan pengelolaan data operasional, sementara proses evaluasi *breeding* masih banyak bergantung pada pengalaman peternak tanpa dukungan mekanisme evaluasi berbasis indikator historis yang terstruktur. Di sisi lain, pemanfaatan *Artificial Intelligence* dalam sistem pendukung keputusan lebih banyak diarahkan pada fungsi prediktif atau optimasi teknis, dan belum secara spesifik diposisikan

sebagai lapisan interpretatif dalam sistem evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar evaluasi *breeding* berbasis data historis.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya celah penelitian pada pengembangan sistem pendukung keputusan evaluatif yang mengintegrasikan pengelolaan data historis *breeding*, mekanisme evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator historis, serta dukungan *Large Language Model* sebagai komponen interpretatif. Dalam penelitian ini, *pairing* indukan ditempatkan sebagai unit analisis utama dalam evaluasi *breeding*, sedangkan hasil evaluasi dihitung melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis. *Artificial Intelligence* tidak digunakan untuk menggantikan proses evaluasi deterministik, melainkan untuk menyusun dan menyajikan interpretasi naratif yang mendukung refleksi manajerial peternak. Posisi penelitian ini berada pada integrasi sistem informasi manajemen *breeding* dengan sistem pendukung keputusan evaluatif berbasis data historis yang diperkuat oleh lapisan interpretatif LLM.

2.5.1 Sintesis Literatur Lintas Domain

Sistem informasi manajemen pada bidang peternakan umumnya menitikberatkan pada pencatatan dan pengelolaan data operasional, sementara proses evaluasi *breeding* burung Murai Batu masih banyak dilakukan secara intuitif berdasarkan pengalaman peternak dan belum terdokumentasi secara sistematis. Di sisi lain, kajian mengenai sistem pendukung keputusan dan *Artificial Intelligence* menekankan pentingnya pemanfaatan data historis serta dukungan evaluatif dalam pengambilan keputusan, namun penerapannya belum secara spesifik diarahkan untuk mendukung evaluasi *pairing* indukan pada *breeding* burung kicau secara terstruktur dan berbasis indikator historis.

Sintesis lintas domain diperlukan untuk memperlihatkan keterkaitan antara keempat bidang kajian tersebut serta mengidentifikasi posisi penelitian ini. Tabel 2.2 menyajikan ringkasan sintesis literatur lintas domain yang mencakup fokus utama kajian, keterbatasan yang masih ditemukan dalam literatur, serta posisi penelitian ini dalam menjembatani keterbatasan tersebut.

Tabel 2.2 Sintesis Literatur Lintas Domain

Domain Kajian	Fokus Utama Dalam Literatur	Keterbatasan Literatur	Posisi Penelitian Ini
Sistem Informasi Manajemen	Pengelolaan dan pencatatan data peternakan	Berhenti pada fungsi pencatatan, belum mendukung evaluasi <i>pairing</i> berbasis data historis	Sistem informasi manajemen <i>breeding</i> berbasis data historis yang mendukung evaluasi <i>pairing</i> indukan
Evaluasi <i>Breeding</i>	Penilaian performa indukan dan hasil <i>breeding</i>	Subjektif dan minim dokumentasi sistematis	Evaluasi <i>pairing</i> indukan yang terstruktur dan terdokumentasi
Sistem Pendukung Keputusan	Dukungan keputusan semi-terstruktur berbasis data	Belum spesifik pada evaluasi <i>pairing</i> burung kicau	Sistem pendukung keputusan untuk evaluasi <i>pairing</i> indukan
<i>Artificial Intelligence</i>	Analisis dan interpretasi data untuk <i>decision support</i>	Dominan pada prediksi atau klasifikasi otomatis	AI sebagai lapisan interpretatif atas hasil evaluasi <i>pairing</i> indukan

Berdasarkan sintesis pada Tabel 2.2, terlihat bahwa kebutuhan akan sistem yang mengintegrasikan pengelolaan data *breeding*, mekanisme evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator historis, serta dukungan interpretatif berbasis *Artificial Intelligence* belum terjawab secara utuh dalam penelitian sebelumnya. Integrasi konseptual tersebut menjadi dasar perumusan posisi penelitian ini dalam pengembangan sistem pendukung keputusan evaluatif untuk *breeding* Murai Batu.

2.5.2 Gap Penelitian yang Teridentifikasi

Sintesis literatur lintas domain menunjukkan adanya beberapa gap utama yang belum terjawab secara memadai oleh penelitian sebelumnya pada evaluasi *breeding* burung Murai Batu, yaitu sebagai berikut.

a. Belum adanya sistem informasi yang secara khusus mendukung evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis

Penerapan sistem informasi pada sektor peternakan umumnya diarahkan untuk mendukung pencatatan dan pengelolaan data operasional seperti data populasi, produksi, dan aktivitas pemeliharaan dalam satu basis data terpusat (Firdaus, 2025; Nelfira *et al.*, 2024). Pada konteks Murai Batu, sistem informasi berbasis web yang telah dikembangkan pun masih berfokus pada fungsi komunikasi dan informasi umum, dan belum diarahkan untuk

mendukung pengelolaan data *breeding* maupun evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis (Irvan *et al.*, 2023). Selain itu, terdapat aplikasi manajemen burung seperti *My Birds App Aviary* yang menyediakan fitur pencatatan data burung dan aktivitas pemeliharaan. Namun, aplikasi tersebut masih berfokus pada fungsi pencatatan dan manajemen data, serta belum menyediakan mekanisme evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator data historis yang terstruktur. Dari sisi konteks penggunaan, aplikasi tersebut juga belum secara spesifik mendukung *breeding* burung Murai Batu sebagai objek kajian, serta belum menyediakan dukungan lokal seperti penggunaan bahasa Indonesia yang sesuai dengan kebutuhan peternak lokal.

Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem yang tersedia saat ini masih belum mampu menyediakan mekanisme evaluasi *pairing* indukan yang terstruktur, terdokumentasi, dan berbasis rekam jejak data historis *breeding*, serta belum mendukung proses evaluasi yang relevan dengan kebutuhan peternak Murai Batu.

b. Evaluasi *breeding*, khususnya pada *pairing* indukan yang masih bersifat subjektif dan tidak terintegrasi dalam sistem

Meskipun evaluasi kinerja berbasis data historis telah diterapkan secara luas dalam peternakan konvensional sebagai dasar pengambilan keputusan operasional (Cahyani & Dewi, 2025; Wijayanto *et al.*, 2023), pendekatan serupa belum ditemukan pada *breeding* burung kicau. Studi pada praktik *breeding* burung kicau di kalangan peternak lokal menunjukkan bahwa seleksi dan evaluasi indukan masih sepenuhnya bertumpu pada pengetahuan *tacit* dan pengalaman individual peternak yang terbentuk selama bertahun-tahun, tanpa indikator yang terformalisasi dan terdokumentasi secara sistematis (Soares *et al.*, 2024). Akibatnya, proses evaluasi *pairing* indukan sulit ditelusuri, tidak dapat direplikasi secara konsisten, dan belum dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data historis dalam pengelolaan *breeding* Murai Batu.

c. Pemanfaatan *Artificial Intelligence* yang belum diposisikan sebagai komponen interpretatif dalam sistem pendukung keputusan evaluatif

Kajian terkini menunjukkan bahwa pemanfaatan AI dan *Large Language Model* dalam bidang peternakan dan *breeding* masih didominasi oleh fungsi klasifikasi, prediksi, dan otomatisasi teknis. Pada bidang peternakan, AI umumnya diarahkan pada aspek operasional seperti manajemen pakan, pemantauan kesehatan hewan, dan optimasi produksi (Aini & Septaningsih, 2025). Pada kajian yang lebih spesifik menggunakan LLM, penerapannya

masih terbatas pada klasifikasi semantik data paten terhadap indikator keberlanjutan (Zhou & Yang, 2025) dan pembangkitan penjelasan teknis atas *output* model prediktif perilaku hewan (Topal *et al.*, 2025). Kedua pendekatan tersebut memposisikan LLM sebagai alat klasifikasi atau eksplanasi teknis, bukan sebagai lapisan interpretatif yang bekerja di atas hasil evaluasi deterministik berbasis indikator historis untuk mendukung pertimbangan manajerial pengguna. Belum ditemukan pendekatan yang secara spesifik memanfaatkan LLM dalam kapasitas tersebut, khususnya pada evaluasi *pairing* indukan burung kicau yang bersifat evaluatif, kontekstual, dan menempatkan peternak sebagai pengambil keputusan utama.

Gap-gap tersebut menunjukkan perlunya pendekatan penelitian yang menyatukan pengelolaan data historis *breeding*, mekanisme evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator terformalisasi, serta pemanfaatan *Artificial Intelligence* sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan yang bersifat evaluatif dan kontekstual.

2.5.3 Posisi dan Kontribusi Penelitian

Berdasarkan sintesis literatur dan gap penelitian yang telah diidentifikasi, penelitian ini diposisikan pada irisan antara sistem informasi manajemen *breeding*, sistem pendukung keputusan evaluatif, dan pemanfaatan *Artificial Intelligence* sebagai lapisan interpretatif. Posisi tersebut menegaskan bahwa fokus penelitian tidak terletak pada pengembangan algoritma AI secara mandiri, melainkan pada perancangan sistem yang mengintegrasikan pengelolaan data historis *breeding*, mekanisme evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator terformalisasi, serta dukungan interpretatif berbasis *Large Language Model* untuk membantu proses evaluasi secara lebih terstruktur dan terdokumentasi.

Kontribusi penelitian ini dirumuskan ke dalam tiga dimensi, yaitu kontribusi teknis, teoretis, dan praktis, dengan rincian sebagai berikut.

Kontribusi Teknis

a. Pengembangan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu berbasis web yang mendukung pengelolaan data *breeding* secara terpusat dan terdokumentasi, sehingga data historis dapat dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi *pairing* indukan dalam satu sistem terintegrasi.

b. Integrasi *Large Language Model* berbasis GPT melalui OpenAI API sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan evaluatif, yang berfungsi menyusun dan

menyajikan penjelasan naratif atas hasil evaluasi yang telah dihitung sistem melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

Kontribusi Teoretis

a. Pemaknaan evaluasi *breeding*, khususnya evaluasi *pairing* indukan, sebagai permasalahan semi terstruktur yang memerlukan dukungan data historis dan penilaian manusia dalam kerangka sistem pendukung keputusan.

b. Penguatan *framing Artificial Intelligence* sebagai komponen interpretatif dalam sistem pendukung keputusan evaluatif, yang bekerja di atas hasil evaluasi deterministik dan tidak berperan sebagai pengambil keputusan otomatis.

c. Formulasi pemanfaatan data historis *breeding* sebagai indikator evaluasi terstruktur yang mendukung konsistensi, keterlacakan, dan refleksi manajerial dalam proses pengambilan keputusan *breeding*.

d. Sintesis konseptual antara sistem informasi manajemen, sistem pendukung keputusan, dan *Artificial Intelligence* pada evaluasi *breeding* burung kicau, khususnya burung Murai Batu.

Kontribusi Praktis

a. Mendukung peternak dalam melakukan evaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur dan konsisten berbasis data historis, sehingga proses pengambilan keputusan tidak semata bergantung pada intuisi.

b. Menyediakan dokumentasi proses evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar dalam evaluasi *breeding* yang dapat ditelusuri dan dimanfaatkan sebagai bahan pembelajaran untuk perencanaan *breeding* selanjutnya.

Kajian pustaka yang telah dibahas memperlihatkan bahwa proses evaluasi *breeding* burung Murai Batu melibatkan berbagai aspek yang saling berkaitan, mulai dari pengelolaan data historis, mekanisme evaluasi *pairing* indukan, hingga kebutuhan dukungan interpretatif dalam pengambilan keputusan. Penelitian ini berkontribusi dengan mengintegrasikan sistem informasi manajemen *breeding*, pendekatan sistem pendukung keputusan evaluatif, serta pemanfaatan *Large Language Model* sebagai lapisan interpretatif dalam satu sistem terpadu. Melalui pendekatan tersebut, evaluasi *pairing* indukan dapat dilakukan secara lebih sistematis

dan konsisten berbasis data historis sebagai dasar evaluasi *breeding*, sekaligus mempertahankan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

Pendekatan tersebut digunakan untuk menilai performa *pairing* indukan secara sistematis dan konsisten, serta menghasilkan keluaran evaluatif yang direpresentasikan dalam bentuk rekomendasi sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan. Implementasi teknis dari pendekatan ini akan dijelaskan pada Bab III melalui perancangan sistem, model evaluasi berbasis indikator historis, serta integrasi komponen LLM sebagai lapisan interpretatif dalam mendukung proses evaluasi *breeding*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang berfokus pada pengembangan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu. Penelitian terapan dipilih karena tujuan penelitian diarahkan pada perancangan dan pengembangan sistem sebagai solusi atas permasalahan nyata berupa belum optimalnya proses evaluasi *pairing* indukan yang masih bersifat subjektif serta belum memanfaatkan data historis secara terstruktur. Kondisi tersebut menyebabkan pengambilan keputusan dalam menentukan kelayakan *pairing* indukan menjadi tidak konsisten dan berpotensi mempertahankan *pairing* yang seharusnya dievaluasi atau dihentikan.

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan pengembangan sistem informasi yang memposisikan sistem sebagai objek utama penelitian. Sistem yang dikembangkan dirancang untuk mengelola data *breeding* secara terpusat serta menyediakan mekanisme evaluasi *pairing* indukan yang berbasis data historis. Pada penelitian ini, *Artificial Intelligence* dimanfaatkan sebagai komponen sistem pendukung keputusan yang berfungsi sebagai lapisan interpretatif atas hasil evaluasi yang telah dihitung sistem melalui indikator evaluasi berbasis data historis. AI berperan dalam menyusun dan menyajikan uraian naratif yang membantu pengguna memahami implikasi manajerial dari hasil evaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur dan kontekstual. Keputusan akhir tetap berada pada peternak sebagai pengambil keputusan utama.

Alur penelitian secara keseluruhan disusun untuk menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah, kajian pustaka, analisis kebutuhan, pengembangan sistem, perancangan mekanisme evaluasi berbasis data historis, integrasi LLM sebagai lapisan interpretatif, pengujian sistem, analisis hasil, hingga penarikan kesimpulan. Untuk memperjelas posisi metodologi penelitian secara menyeluruh, alur penelitian pengembangan sistem disajikan pada Gambar 3.1. Diagram tersebut menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah, kajian pustaka, pengembangan sistem, pengujian, analisis hasil, hingga penarikan kesimpulan.



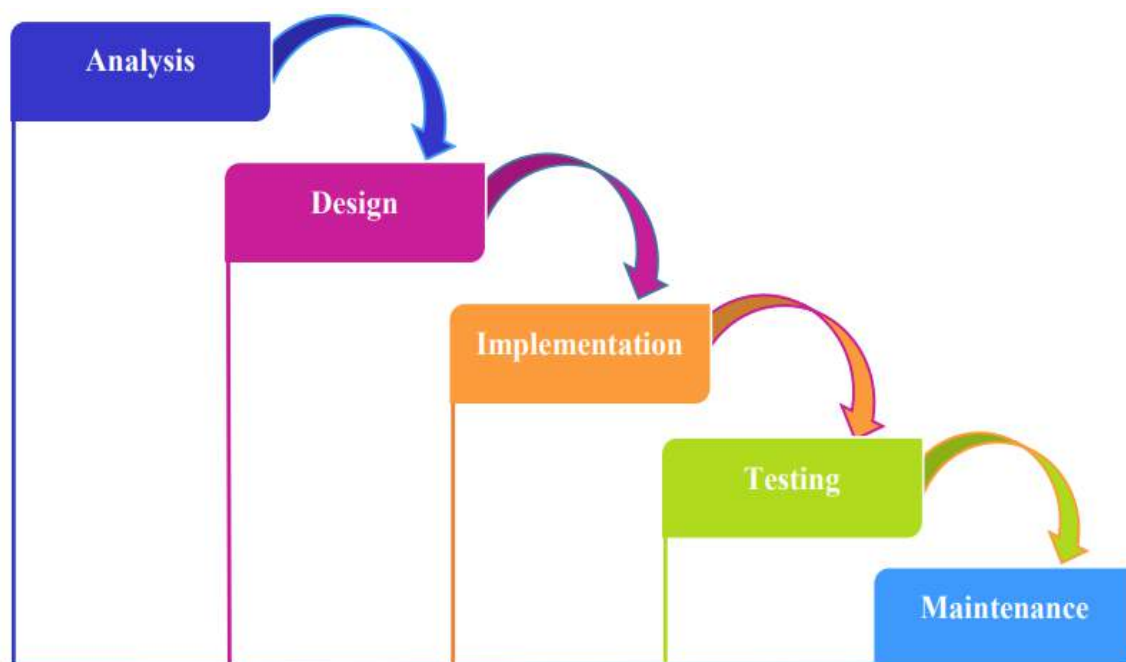
Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian Pengembangan Sistem

Berdasarkan Gambar 3.1, penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan evaluasi *pairing* indukan yang belum terstruktur dan belum memanfaatkan data historis secara optimal. Tahapan berikutnya dilakukan melalui kajian pustaka, analisis kebutuhan sistem, pengembangan sistem informasi manajemen *breeding*, perancangan mekanisme evaluasi berbasis data historis, serta integrasi LLM sebagai lapisan interpretatif. Setelah sistem dikembangkan, dilakukan pengujian fungsional, pengujian *usability*, penerimaan pengguna, serta validasi terbatas kualitas interpretasi AI untuk menilai keberfungsian sistem, kemudahan penggunaan, dan kelayakan narasi AI sebagai pendukung pemahaman hasil evaluasi. Hasil implementasi, pengujian, dan validasi kemudian dianalisis sebagai dasar penarikan kesimpulan dan saran pengembangan.

Pengembangan sistem pada penelitian ini dilakukan menggunakan metodologi Waterfall. Metodologi Waterfall dipilih karena pengembangan sistem dilakukan melalui tahapan yang jelas, berurutan, dan terdokumentasi dengan baik, sehingga setiap proses pengembangan memiliki keluaran yang terdefinisi sebelum dilanjutkan ke tahapan

berikutnya. Karakteristik tersebut sesuai dengan pengembangan sistem informasi yang menekankan kejelasan kebutuhan, keterpaduan rancangan, serta konsistensi antara tujuan sistem dan fungsi yang dihasilkan.

Secara konseptual, metodologi Waterfall terdiri atas tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan *maintenance*. Metodologi ini digunakan sebagai kerangka kerja dalam pengembangan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu. Tahapan analisis kebutuhan hingga pengujian merepresentasikan proses pengembangan sistem secara bertahap dan terstruktur, sedangkan tahap *maintenance* mencakup aktivitas pemeliharaan dan penyesuaian sistem setelah sistem digunakan secara operasional. Pemilihan metodologi ini juga didasarkan pada kebutuhan untuk merancang sistem yang mampu merepresentasikan proses evaluasi *pairing* indukan secara sistematis dan konsisten berdasarkan kebutuhan yang telah didefinisikan secara jelas pada tahap awal. Alur metodologi Waterfall yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Metodologi Pengembangan Sistem dengan Pendekatan Waterfall

Sumber: Aroral (2021)

Berdasarkan Gambar 3.2, penerapan metodologi Waterfall memungkinkan pengembangan sistem informasi dilakukan secara sistematis melalui alur kerja yang terstruktur dan terdokumentasi. Pendekatan ini mendukung tujuan penelitian untuk

menghasilkan sistem informasi manajemen *breeding* yang tidak hanya mengelola data *breeding* secara terstruktur, tetapi juga mampu mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara konsisten melalui pemanfaatan indikator evaluasi berbasis data historis sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan.

3.2 Metode Pengembangan Sistem

Tahapan pengembangan sistem informasi pada penelitian ini disusun mengikuti metodologi Waterfall yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, dengan tujuan untuk menghasilkan sistem pendukung keputusan yang mampu mendukung evaluasi *pairing* indukan secara terstruktur dan berbasis data historis.

3.2.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem merupakan tahap awal dalam metodologi Waterfall yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem sebelum dilakukan perancangan lebih lanjut. Pada tahap ini, kebutuhan sistem dilakukan dengan menerjemahkan permasalahan penelitian berupa belum optimalnya proses evaluasi *pairing* indukan yang masih bersifat subjektif dan belum memanfaatkan data historis ke dalam kebutuhan operasional sistem yang relevan. Analisis kebutuhan berfungsi untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki keterkaitan langsung dengan tujuan penelitian dan permasalahan yang ingin diselesaikan.

Dalam penelitian ini, analisis kebutuhan sistem diturunkan dari analisis permasalahan penelitian dan kajian pustaka yang telah dilakukan, serta didukung oleh pemahaman terhadap praktik *breeding* burung Murai Batu yang dilakukan oleh peternak. Pemahaman tersebut dilakukan untuk memahami alur pencatatan data dan proses evaluasi *pairing* indukan sebagai bagian dari evaluasi *breeding* dalam praktik, sehingga kebutuhan sistem yang dirumuskan selaras dengan kondisi nyata di lapangan. Berdasarkan analisis kebutuhan ini, sistem dirancang untuk menyediakan informasi evaluatif berbasis data historis sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi pengambilan keputusan dalam menentukan kelayakan *pairing* indukan.

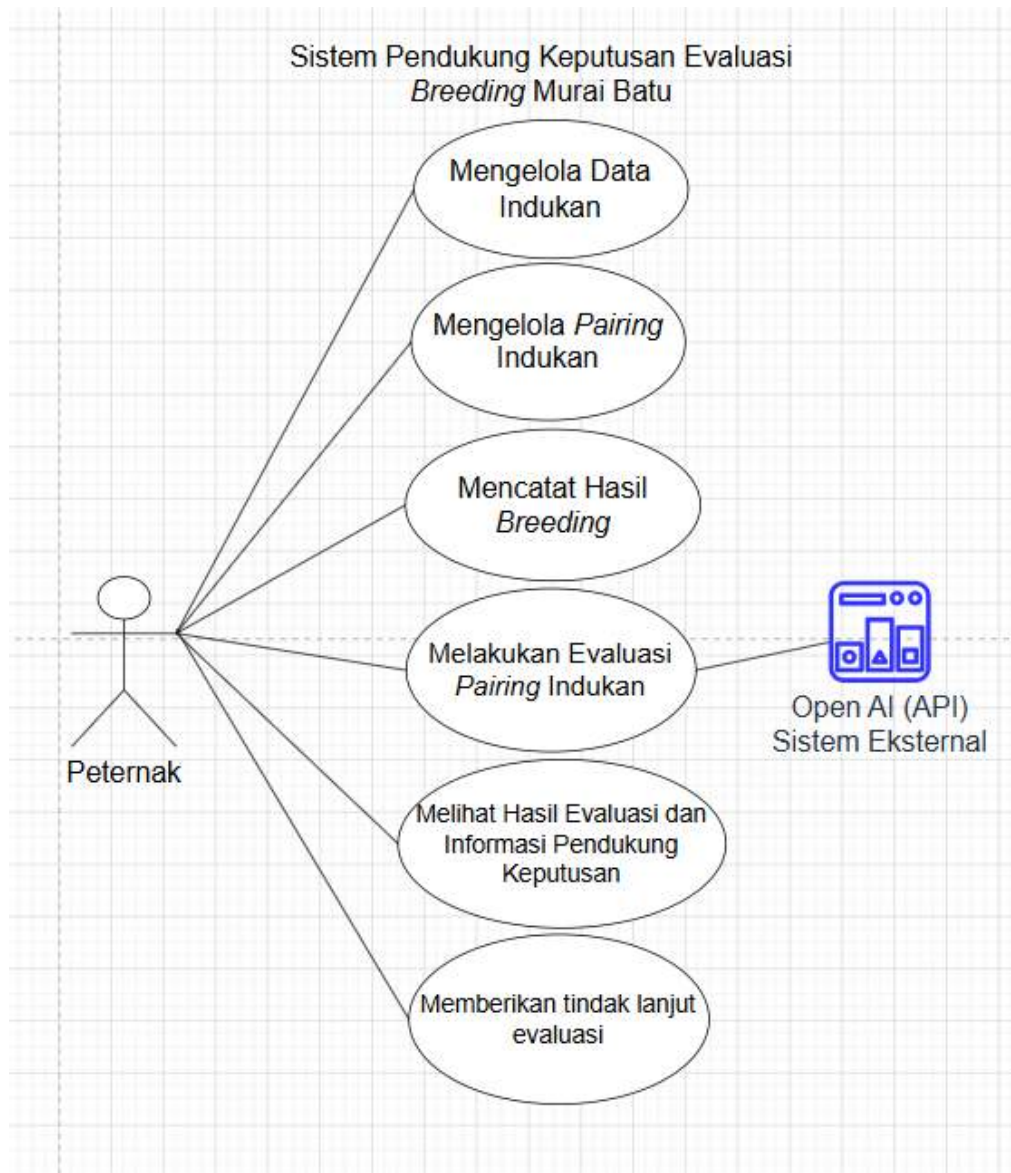
3.2.2 Perancangan Proses Sistem

Perancangan proses sistem merupakan salah satu tahapan dalam metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan Waterfall yang dilakukan setelah analisis kebutuhan sistem.

Tahap ini bertujuan untuk menerjemahkan kebutuhan sistem ke dalam rancangan alur proses dan interaksi antara pengguna dan sistem secara konseptual, khususnya dalam pengelolaan data *breeding* dan proses evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis sebagai bagian dari evaluasi *breeding*. Perancangan proses sistem disajikan menggunakan *use case* diagram untuk menggambarkan aktor dan fungsi utama sistem, serta *activity* diagram untuk menjelaskan alur proses evaluasi *pairing* indukan dan interaksi pengguna dengan sistem secara berurutan sehingga memperlihatkan bagaimana sistem mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara sistematis dan konsisten sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan berbasis data historis.

Use case diagram

Perancangan proses sistem pada penelitian ini disajikan menggunakan *use case* diagram untuk menggambarkan aktor dan fungsi utama sistem pendukung keputusan evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding* burung Murai Batu. Perancangan proses sistem ini disusun sebagai representasi konseptual untuk mengatasi permasalahan evaluasi *pairing* indukan yang sebelumnya belum terstruktur dan belum berbasis data historis. *Use case* diagram digunakan untuk menggambarkan batasan sistem, peran aktor, serta interaksi antara peternak dan sistem dalam pengelolaan data *breeding*, evaluasi *pairing* indukan, serta pemberian tindak lanjut terhadap hasil evaluasi. Rancangan *use case* diagram yang menggambarkan aktor, fungsi utama, dan interaksi antara peternak dengan sistem dalam proses evaluasi *pairing* indukan ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Use case* diagram Sistem Pendukung Keputusan Evaluasi *Breeding* Burung Murai Batu

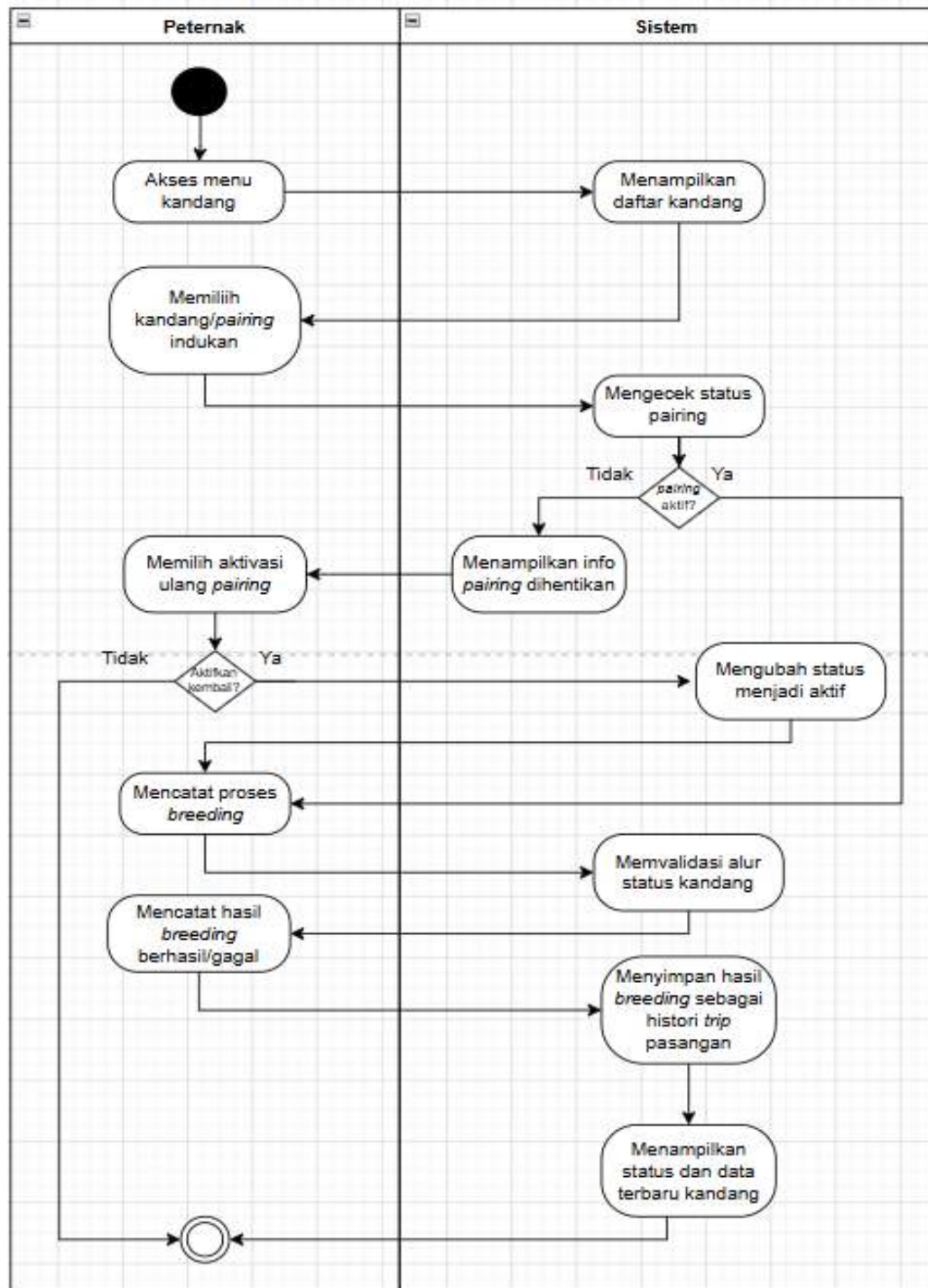
Use case diagram pada Gambar 3.3 menunjukkan bahwa peternak berperan sebagai aktor utama yang berinteraksi langsung dengan sistem. Peternak dapat mengelola data indukan, mengelola *pairing* indukan, mencatat hasil *breeding*, melakukan evaluasi *pairing* indukan, melihat hasil evaluasi dan informasi pendukung keputusan, serta memberikan tindak lanjut terhadap hasil evaluasi yang telah ditampilkan oleh sistem. Aktivitas pengelolaan data indukan, *pairing* indukan, dan pencatatan hasil *breeding* berperan dalam membentuk data historis yang digunakan sebagai dasar evaluasi.

Data historis tersebut kemudian digunakan oleh sistem untuk melakukan evaluasi *pairing* indukan secara terstruktur sehingga dapat mengurangi subjektivitas dalam proses pengambilan keputusan. Hasil evaluasi disajikan kepada peternak dalam bentuk informasi evaluatif dan uraian interpretatif yang bersifat rekomendatif. Setelah hasil evaluasi ditampilkan, peternak dapat memberikan tindak lanjut berupa keputusan untuk melanjutkan, memantau, atau menghentikan sementara *pairing* berdasarkan pertimbangan dari hasil evaluasi sistem.

Untuk mendukung penyusunan uraian evaluasi secara naratif, sistem terintegrasi dengan layanan kecerdasan buatan berbasis OpenAI API sebagai komponen eksternal yang berfungsi sebagai lapisan interpretatif. OpenAI API digunakan untuk membantu menyusun penjelasan hasil evaluasi agar lebih mudah dipahami oleh peternak, sedangkan keputusan akhir tetap berada pada peternak sebagai pengambil keputusan utama. Dengan demikian, sistem berperan sebagai pendukung keputusan berbasis data historis, bukan sebagai pengganti keputusan peternak dalam proses *breeding*.

Activity diagram

Activity diagram digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas dan interaksi antara peternak dan sistem sebagai representasi proses yang dirancang untuk mengatasi permasalahan evaluasi *pairing* indukan yang sebelumnya belum terstruktur dan belum berbasis data historis. Diagram ini menyajikan urutan aktivitas secara terstruktur mulai dari pencatatan data *breeding* hingga penyajian hasil evaluasi, sehingga memperlihatkan bagaimana data historis dimanfaatkan untuk menghasilkan proses evaluasi *pairing* indukan yang lebih terstruktur dan mengurangi subjektivitas dalam pengambilan keputusan. Melalui *activity* diagram, proses yang berlangsung dalam sistem dapat dipahami secara konseptual tanpa membahas detail implementasi teknis, serta menunjukkan keterkaitan antaraktivitas dalam mendukung evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator evaluasi dan data historis. Alur aktivitas pengelolaan kandang dan pencatatan hasil *breeding* yang menjadi bagian dari proses evaluasi *pairing* indukan ditunjukkan pada Gambar 3.4.



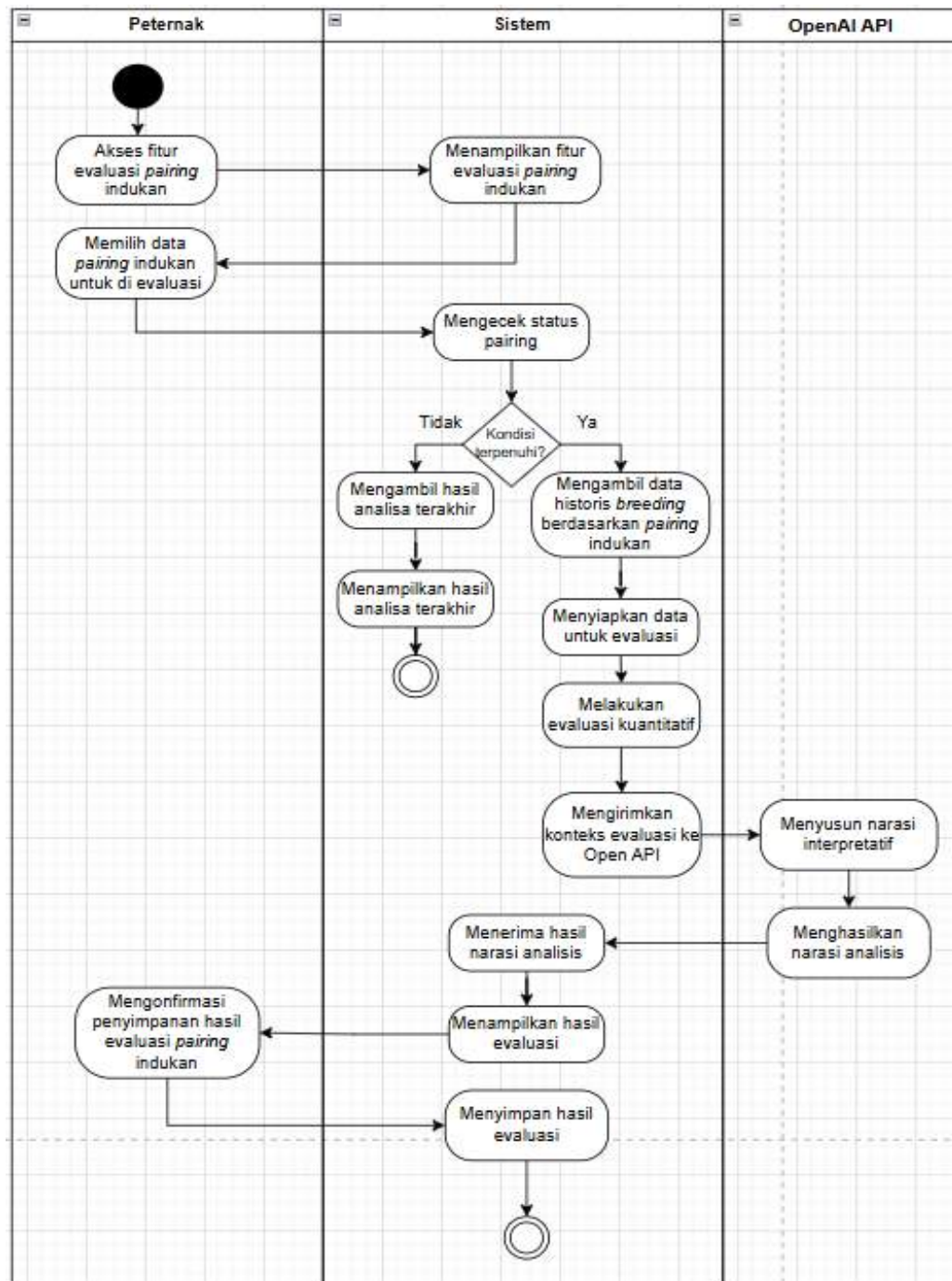
Gambar 3.4 *Activity* diagram Pengelolaan Kandang dan Pencatatan Hasil *Breeding*

Activity diagram pada Gambar 3.4 menggambarkan alur aktivitas peternak dalam mengelola kandang sebagai konteks pelaksanaan *pairing* indukan dan pencatatan hasil *breeding*. Proses dimulai ketika peternak mengakses menu kandang, kemudian sistem menampilkan daftar kandang yang tersedia. Peternak selanjutnya memilih kandang atau

pairing indukan yang akan dikelola, lalu sistem melakukan pengecekan terhadap status *pairing* tersebut.

Apabila *pairing* masih aktif, peternak dapat melanjutkan proses pencatatan *breeding*. Namun, apabila *pairing* berstatus dihentikan, sistem akan menampilkan informasi bahwa *pairing* tersebut sedang dihentikan. Pada kondisi tersebut, peternak dapat memilih untuk mengaktifkan kembali *pairing*. Jika peternak memilih untuk mengaktifkan kembali, sistem akan mengubah status *pairing* menjadi aktif sehingga proses *breeding* dapat dilanjutkan. Sebaliknya, jika peternak tidak mengaktifkan kembali *pairing*, maka proses tidak dilanjutkan.

Setelah *pairing* aktif, peternak mencatat proses *breeding* pada kandang. Sistem kemudian memvalidasi alur status kandang agar proses *breeding* tetap mengikuti tahapan yang telah ditentukan. Peternak selanjutnya mencatat hasil *breeding* berupa berhasil atau gagal. Data hasil *breeding* tersebut disimpan oleh sistem sebagai histori *trip* pasangan, kemudian sistem menampilkan status dan data terbaru kandang. Alur ini menunjukkan bahwa kandang tidak hanya berfungsi sebagai tempat pengelolaan pasangan indukan, tetapi juga sebagai bagian dari proses pembentukan data historis *breeding* yang digunakan dalam evaluasi *pairing* indukan pada sistem pendukung keputusan. Alur proses evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator evaluasi dan data historis ditunjukkan pada Gambar 3.5.



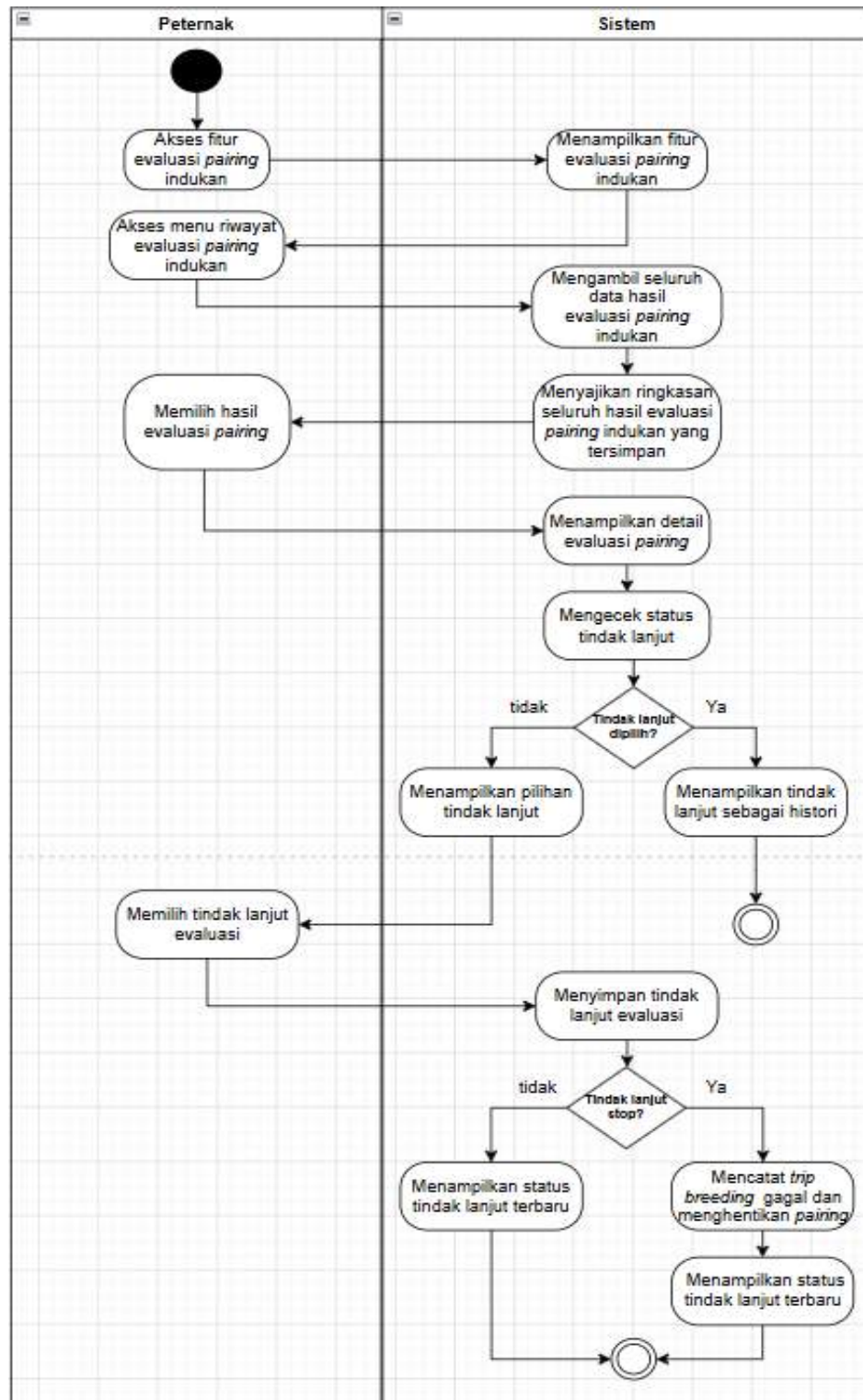
Gambar 3.5 Activity diagram Proses Evaluasi *Pairing* indukan

Activity diagram pada Gambar 3.5 menggambarkan alur proses evaluasi *pairing* indukan berbasis indikator evaluasi dan data historis. Proses ini melibatkan interaksi antara peternak, sistem, dan OpenAI API sebagai sistem eksternal yang berfungsi sebagai lapisan interpretatif. Alur dimulai ketika peternak mengakses fitur evaluasi *pairing* indukan, kemudian sistem menampilkan fitur evaluasi yang tersedia. Peternak selanjutnya memilih data *pairing* indukan yang akan dievaluasi.

Setelah *pairing* dipilih, sistem melakukan pengecekan status *pairing* untuk memastikan apakah kondisi evaluasi terpenuhi. Status *pairing* digunakan untuk mengetahui apakah pasangan indukan masih berada dalam kondisi aktif atau telah dihentikan berdasarkan tindak lanjut peternak pada hasil evaluasi sebelumnya. Apabila pada evaluasi sebelumnya peternak memilih tindak lanjut stop, maka *pairing* berstatus dihentikan dan sistem tidak membuat analisa baru, melainkan menampilkan hasil analisa terakhir. Selain status *pairing*, sistem juga memeriksa ketersediaan hasil analisa sebelumnya serta ada atau tidaknya perubahan data historis sejak analisa terakhir. Jika tidak terdapat perubahan data historis, sistem tidak membuat analisa baru agar hasil evaluasi tidak berulang tanpa dasar data baru.

Apabila kondisi evaluasi terpenuhi, sistem mengambil data historis *breeding* berdasarkan *pairing* indukan, menyiapkan data untuk evaluasi, kemudian melakukan evaluasi kuantitatif berbasis indikator data historis. Evaluasi tersebut mencakup data riwayat *breeding*, hasil *trip* pasangan, serta informasi pendukung lain seperti kelengkapan data karakteristik anakan. Hasil evaluasi kuantitatif selanjutnya dikirimkan ke OpenAI API dalam bentuk konteks evaluasi untuk disusun menjadi narasi interpretatif yang lebih mudah dipahami oleh peternak.

Setelah narasi analisis diterima oleh sistem, hasil evaluasi ditampilkan kepada peternak sebagai informasi pendukung keputusan. Peternak kemudian dapat mengonfirmasi penyimpanan hasil evaluasi, dan sistem menyimpan hasil evaluasi tersebut sebagai histori analisa *pairing* indukan. Dengan alur ini, sistem tidak hanya melakukan evaluasi berdasarkan data historis, tetapi juga menjaga agar analisa baru hanya dibuat ketika kondisi evaluasi memang terpenuhi. Keputusan akhir tetap berada pada peternak sebagai pengambil keputusan utama. Alur peninjauan hasil evaluasi dan pemberian tindak lanjut terhadap *pairing* indukan ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Activity* diagram Peninjauan Hasil Evaluasi dan Tindak Lanjut *Pairing* Indukan

Activity diagram pada Gambar 3.6 menggambarkan alur proses peninjauan riwayat evaluasi *pairing* indukan yang telah tersimpan dalam sistem serta pemberian tindak lanjut

oleh peternak. Proses dimulai ketika peternak mengakses fitur evaluasi *pairing* indukan, kemudian sistem menampilkan fitur evaluasi yang tersedia. Peternak selanjutnya memilih menu riwayat evaluasi *pairing* indukan untuk melihat hasil evaluasi yang telah tersimpan.

Sistem kemudian mengambil seluruh data hasil evaluasi *pairing* indukan dan menyajikannya dalam bentuk ringkasan. Dari ringkasan tersebut, peternak dapat memilih salah satu hasil evaluasi untuk melihat detail evaluasi *pairing*. Detail evaluasi ini berisi informasi hasil analisa, rekomendasi sistem, narasi evaluatif, serta informasi pendukung keputusan yang dapat digunakan peternak dalam mempertimbangkan kelanjutan *pairing* indukan.

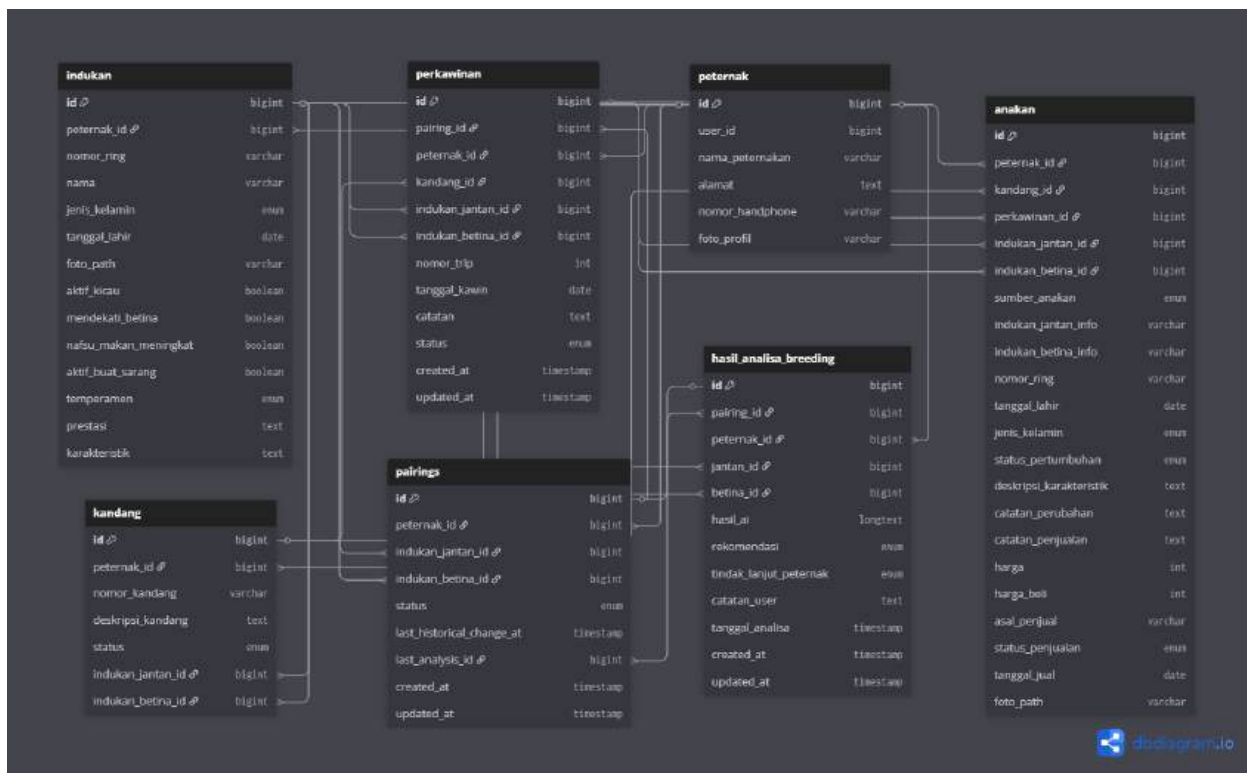
Setelah detail evaluasi ditampilkan, sistem mengecek status tindak lanjut pada hasil evaluasi tersebut. Apabila tindak lanjut sudah pernah dipilih, sistem menampilkan tindak lanjut tersebut sebagai histori keputusan sehingga tidak dapat diubah kembali. Hal ini dilakukan agar keputusan peternak terhadap suatu hasil evaluasi tetap terdokumentasi secara konsisten.

Apabila tindak lanjut belum dipilih, sistem menampilkan pilihan tindak lanjut kepada peternak. Peternak dapat memilih tindak lanjut evaluasi sesuai pertimbangan terhadap hasil analisa yang ditampilkan. Tindak lanjut yang dipilih kemudian disimpan oleh sistem sebagai histori keputusan terhadap hasil evaluasi. Jika tindak lanjut yang dipilih adalah lanjut atau pantau, maka status *pairing* tetap aktif. Namun, jika tindak lanjut yang dipilih adalah stop, sistem mencatat satu *trip breeding* dengan hasil gagal menggunakan tanggal saat tindak lanjut stop dipilih. Setelah histori *trip* gagal tersimpan, sistem mengubah status *pairing* menjadi dihentikan sehingga pasangan indukan tidak dapat digunakan untuk menambah *trip breeding* baru sebelum diaktifkan kembali. Setelah proses tersebut selesai, sistem menampilkan status tindak lanjut terbaru.

Alur ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya menyediakan riwayat evaluasi, tetapi juga mendukung pencatatan keputusan peternak secara terstruktur. Tindak lanjut peternak diposisikan sebagai histori keputusan terhadap hasil evaluasi, sedangkan status *pairing* digunakan untuk mengatur apakah pasangan indukan masih aktif atau telah dihentikan dalam proses *breeding*. Dengan mekanisme tersebut, keputusan stop tidak hanya menghentikan *pairing*, tetapi juga menghasilkan rekam hasil akhir pada histori *trip breeding* agar keputusan untuk tidak melanjutkan *pairing* tetap terdokumentasi.

3.2.3 Perancangan Basis Data

Perancangan basis data dilakukan untuk mendukung pengelolaan data *breeding* dan proses evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis. Perancangan ini berfokus pada identifikasi entitas utama, hubungan antar entitas, serta keterkaitan data yang mendukung proses pengelolaan indukan, kandang, *pairing* indukan, pencatatan hasil *breeding*, pencatatan data anakan, dan penyimpanan hasil evaluasi. Perancangan basis data disajikan dalam bentuk *Entity Relationship Diagram* (ERD) untuk menggambarkan struktur konseptual data tanpa membahas detail implementasi teknis sistem. Struktur konseptual basis data yang menggambarkan hubungan antarentitas utama dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 *Entity Relationship Diagram* (ERD) Sistem Informasi Manajemen *Breeding* Burung Murai Batu

ERD pada Gambar 3.7 menunjukkan bahwa sistem informasi manajemen *breeding* terdiri atas beberapa data utama, yaitu peternak, kandang, indukan, *pairing*, perkawinan, anakan, dan hasil analisa *breeding*. Data peternak berperan sebagai pemilik dan pengelola data, sedangkan data kandang digunakan sebagai konteks pelaksanaan proses *breeding*. Data indukan digunakan untuk menyimpan informasi indukan jantan dan betina yang dapat dibentuk menjadi pasangan *pairing*.

Pada rancangan ini, *pairing* digunakan untuk merepresentasikan pasangan indukan jantan dan betina sebagai unit utama dalam evaluasi. Data *pairing* juga menyimpan status pasangan, yaitu aktif atau dihentikan, sehingga sistem dapat membedakan pasangan yang masih dapat digunakan dalam proses *breeding* dan pasangan yang dihentikan berdasarkan tindak lanjut peternak pada hasil evaluasi sebelumnya. Sementara itu, data perkawinan digunakan untuk mencatat riwayat *trip breeding* dari suatu *pairing*, termasuk hasil akhir berupa berhasil atau gagal.

Data anakan digunakan untuk mencatat hasil *breeding* dari pasangan indukan, termasuk karakteristik anakan yang dapat menjadi informasi pendukung dalam evaluasi. Hasil analisa *breeding* digunakan untuk menyimpan hasil evaluasi, rekomendasi sistem, uraian analisa, serta tindak lanjut peternak terhadap hasil evaluasi tersebut. Dengan struktur ini, data historis *breeding* dapat tersimpan secara konsisten dan dapat ditelusuri kembali sebagai dasar evaluasi *pairing* indukan.

Data historis yang terbentuk dari pencatatan kandang, *pairing*, perkawinan, anakan, dan hasil analisa selanjutnya dimanfaatkan dalam proses evaluasi *pairing* indukan sebagai unit analisis utama. Struktur relasi ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk mendukung pencatatan, penelusuran, pengelolaan status *pairing*, dan evaluasi *breeding* secara terintegrasi dan berkelanjutan, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan secara lebih objektif dan mengurangi subjektivitas peternak.

3.2.4 Perancangan Mekanisme Deterministik

Mekanisme deterministik pada subbab ini disusun sebagai mekanisme evaluasi berbasis aturan untuk mengolah data historis *breeding* menjadi indikator evaluasi yang eksplisit dan dapat ditelusuri. Persamaan yang digunakan dalam mekanisme ini tidak dimaksudkan sebagai model biologis atau model prediktif statistik, melainkan sebagai rumusan operasional dalam sistem pendukung keputusan. Perhitungan tingkat keberhasilan digunakan untuk merepresentasikan rasio keberhasilan *breeding*, yaitu perbandingan antara jumlah *trip* berhasil dan jumlah *trip* yang dievaluasi. Sementara itu, indikator perubahan performa digunakan untuk membaca perbedaan antara performa terbaru dan performa historis. Ambang batas dalam mekanisme ini ditetapkan sebagai parameter operasional berbasis elisitasi pengetahuan peternak dan *expert judgment*, sehingga tidak diposisikan sebagai standar biologis mutlak.

Mengacu pada representasi aturan dalam mekanisme *rule-based*, aturan evaluasi pada subbab ini ditulis dalam format IF–THEN, dengan bagian IF menyatakan kondisi dan bagian THEN menyatakan aksi atau hasil evaluasi yang diberikan sistem. Format ini digunakan agar setiap aturan evaluasi dapat dibaca secara eksplisit, konsisten, dan mudah ditelusuri sesuai dengan indikator yang mendasarinya.

A. Penegasan Sifat Mekanisme Evaluasi

Mekanisme evaluasi deterministik pada penelitian ini dirancang sebagai solusi atas permasalahan evaluasi *pairing* indukan yang sebelumnya belum memiliki dasar penilaian yang terukur, konsisten, dan berbasis data historis. Mekanisme evaluasi ini dirancang untuk menghasilkan keluaran yang konsisten dan tetap untuk setiap kombinasi data historis yang sama. Proses evaluasi dilakukan berdasarkan aturan dan indikator kuantitatif yang telah ditetapkan secara eksplisit dalam sistem, tanpa melibatkan proses pembelajaran mesin, pendekatan probabilistik, maupun inferensi berbasis kecerdasan buatan. Dengan demikian, setiap hasil evaluasi yang diklasifikasikan ke dalam kategori hasil evaluasi merupakan konsekuensi langsung dari perhitungan indikator historis yang terdefinisi secara formal.

Pendekatan deterministik dipilih untuk menjaga transparansi dan replikasi proses evaluasi *pairing* indukan pada proses *breeding*. Setiap keputusan yang dihasilkan sistem dapat ditelusuri kembali ke nilai indikator yang digunakan serta aturan klasifikasi yang diterapkan. Pada penelitian ini, komponen LLM tidak terlibat dalam proses perhitungan indikator maupun penentuan klasifikasi hasil evaluasi, melainkan berfungsi sebagai lapisan interpretatif yang dibahas secara terpisah pada Subbab 3.2.6. Dengan pemisahan ini, mekanisme evaluasi inti tetap terjaga sebagai sistem pendukung keputusan berbasis aturan yang terstruktur. Pendekatan ini juga bertujuan untuk mengurangi subjektivitas dalam proses evaluasi *pairing* indukan dengan menggantikan penilaian berbasis intuisi menjadi penilaian berbasis indikator kuantitatif yang terukur.

B. Penetapan Objek Evaluasi

Objek evaluasi dalam mekanisme ini adalah *pairing* indukan, yaitu kombinasi antara satu indukan jantan dan satu indukan betina yang ditempatkan sebagai pasangan *breeding*. *Pairing* indukan diposisikan sebagai unit analisis utama dalam sistem, karena keputusan manajerial *breeding* pada praktik peternakan umumnya dilakukan pada tingkat pasangan, bukan pada individu secara terpisah maupun pada kandang sebagai unit operasional.

Evaluasi tidak dilakukan terhadap kandang secara langsung, karena kandang hanya berfungsi sebagai konteks operasional terjadinya *breeding*. Evaluasi juga tidak difokuskan pada indukan secara individual tanpa mempertimbangkan pasangannya, karena performa *breeding* berdasarkan hasil historis merupakan hasil interaksi antara dua indukan dalam suatu *pairing*. Dengan demikian, *pairing* indukan menjadi unit evaluasi pengambilan keputusan dalam mekanisme evaluasi deterministik yang dirancang. Penetapan *pairing* indukan sebagai objek evaluasi memastikan bahwa sistem pendukung keputusan menghasilkan hasil evaluasi yang relevan langsung pada tingkat pengambilan keputusan dalam praktik *breeding*.

C. Penetapan Unit Analisis

Unit analisis yang digunakan dalam mekanisme evaluasi ini adalah *trip breeding*. *Trip breeding* didefinisikan sebagai satu periode perkawinan antara indukan jantan dan betina yang menghasilkan suatu status akhir, yaitu berhasil atau gagal. Status berhasil menunjukkan bahwa periode perkawinan menghasilkan anakan, sedangkan status gagal menunjukkan tidak dihasilkannya anakan pada periode tersebut.

Setiap *trip breeding* diperlakukan sebagai satu observasi diskrit yang dapat dihitung dan dianalisis secara kuantitatif. Dengan pendekatan ini, performa suatu *pairing* indukan tidak dinilai berdasarkan persepsi atau deskripsi subjektif, melainkan berdasarkan akumulasi hasil *trip breeding* yang tercatat secara historis dalam sistem. *Trip breeding* menjadi dasar perhitungan indikator evaluasi, seperti jumlah total *trip*, jumlah keberhasilan, serta tingkat keberhasilan *breeding* berdasarkan data historis, yang selanjutnya digunakan dalam proses klasifikasi hasil evaluasi ke dalam kategori hasil evaluasi.

D. Perancangan Indikator Evaluasi Berbasis Data Historis

Perancangan indikator evaluasi berbasis data historis ini dilakukan sebagai solusi atas permasalahan evaluasi *pairing* indukan yang sebelumnya tidak memiliki dasar penilaian yang terukur, konsisten, dan terdokumentasi. Mekanisme evaluasi deterministik dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *rule-based* yang disusun berdasarkan indikator berbasis data historis *trip breeding*. Dalam konteks sistem pendukung keputusan, pemanfaatan data dan model analisis digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan pada permasalahan semi-terstruktur (Turban *et al.*, 2005). Setiap *pairing* indukan dianalisis menggunakan beberapa indikator utama yang dihitung secara eksplisit dari data *trip breeding* yang tercatat dalam sistem.

Pada mekanisme evaluasi ini, tingkat keberhasilan historis dinotasikan sebagai SR_{20} , yaitu *success rate* berdasarkan maksimal 20 *trip breeding* terakhir. Tingkat keberhasilan jangka pendek dinotasikan sebagai SR_5 , yaitu *success rate* berdasarkan maksimal 5 *trip breeding* terakhir. Sementara itu, perubahan performa dinotasikan sebagai Δ , yaitu selisih antara SR_5 dan SR_{20} yang digunakan untuk membaca kecenderungan performa terbaru dibandingkan performa historis.

Secara konseptual, bentuk persamaan *success rate* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada konsep proporsi keberhasilan, yaitu perbandingan antara jumlah kejadian berhasil dengan jumlah seluruh kejadian yang diamati dalam suatu kelompok data (Illowsky & Dean, 2023). Dalam konteks penelitian ini, kejadian yang diamati adalah *trip breeding*, sedangkan kejadian berhasil adalah *trip breeding* yang menghasilkan anakan hidup. Oleh karena itu, SR_{20} dan SR_5 dirancang sebagai proporsi keberhasilan berbasis *window* data historis. Pendekatan *window* digunakan untuk membatasi cakupan data historis yang dianalisis, sehingga sistem dapat membedakan performa historis dalam cakupan yang lebih panjang dan performa terbaru dalam cakupan yang lebih pendek (Norwawi, 2021). *Window 20 trip* digunakan untuk merepresentasikan performa historis pasangan indukan dalam cakupan data yang lebih panjang, sedangkan *window 5 trip* digunakan untuk merepresentasikan performa terbaru dalam cakupan data yang lebih pendek. Pemilihan *window 20 trip* dan *5 trip* dalam penelitian ini diposisikan sebagai parameter operasional awal yang ditetapkan berdasarkan kebutuhan sistem untuk membedakan cakupan performa historis dan performa terbaru, serta diperkuat melalui elisitasi pengetahuan dengan peternak. Pemisahan kedua *window* tersebut diperlukan agar sistem tidak hanya membaca tingkat keberhasilan secara umum, tetapi juga dapat membandingkan performa historis dengan performa terbaru. Selisih antara SR_5 dan SR_{20} kemudian dirumuskan sebagai indikator tren performa Δ , sehingga sistem dapat mendeteksi apakah performa terbaru cenderung meningkat atau menurun dibandingkan performa historis.

1. Jumlah Total *Trip Breeding*

Jumlah total *trip breeding* pada suatu *pairing* indukan dinotasikan dengan T. Nilai T merepresentasikan jumlah keseluruhan periode *breeding* yang telah dijalani oleh suatu *pairing* indukan dan menjadi dasar awal dalam menentukan kecukupan data historis sebelum evaluasi performa dilakukan. Dalam konteks penelitian ini, satu *trip breeding* dipahami sebagai satu periode pengamatan yang umumnya memerlukan waktu sekitar tiga sampai

empat minggu hingga dapat diketahui apakah proses *breeding* tersebut menghasilkan anakan atau tidak. Dengan demikian, batas minimal tiga *trip breeding* menggambarkan periode pengamatan awal sekitar sembilan sampai dua belas minggu terhadap performa suatu *pairing* indukan.

Untuk menjaga validitas evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis, sistem terlebih dahulu menetapkan aturan minimum observasi berdasarkan jumlah total *trip breeding* yang tersedia. Aturan minimum observasi ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem tidak melakukan evaluasi performa lanjutan apabila data historis yang tersedia masih terlalu sedikit. Dengan demikian, Aturan (3.1) digunakan untuk menentukan kondisi ketika data belum mencukupi, sedangkan Aturan (3.2) digunakan untuk menentukan kondisi ketika proses evaluasi dapat dilanjutkan ke pemeriksaan indikator berikutnya.

$$\text{IF } T < 3 \text{ THEN } R \leftarrow \text{uji_coba} \quad (3.1)$$

Pada aturan ini, simbol R menyatakan hasil evaluasi sistem terhadap *pairing* indukan yang dianalisis. Nilai R dapat berupa kategori *uji_coba*, *stop*, atau *lanjut*, sesuai dengan aturan evaluasi yang terpenuhi dalam mekanisme deterministik.

$$\text{IF } T \geq 3 \text{ THEN proses dilanjutkan ke pemeriksaan indikator berikutnya} \quad (3.2)$$

Aturan (3.1) menunjukkan bahwa sistem tidak melakukan evaluasi performa lebih lanjut apabila jumlah *trip breeding* kurang dari tiga observasi. Pada kondisi tersebut, hasil evaluasi diklasifikasikan ke dalam kategori *uji_coba* karena data historis belum memadai untuk analisis tren dan konsistensi. Apabila tidak terdapat data *trip breeding*, sistem secara default mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori *uji_coba* sebagai bentuk validasi defensif terhadap ketiadaan data historis.

Aturan (3.2) menunjukkan bahwa apabila jumlah observasi telah mencukupi, sistem tidak menetapkan hasil evaluasi akhir pada tahap ini, melainkan melanjutkan proses evaluasi ke pemeriksaan indikator berikutnya. Tahap berikutnya adalah mendeteksi pola kegagalan jangka pendek melalui indikator kegagalan beruntun.

2. Deteksi Kegagalan Beruntun (*Hard Stop Rule*)

Aturan ini dirancang untuk mencegah keberlanjutan *pairing* indukan yang secara historis menunjukkan pola kegagalan berulang, yang sebelumnya sulit diidentifikasi tanpa analisis berbasis data historis. Untuk mendeteksi indikasi penurunan performa jangka pendek, sistem menganalisis urutan *trip breeding* berdasarkan tanggal terbaru ke terlama.

Jumlah kegagalan beruntun dari *trip* terbaru dinotasikan dengan S . Nilai S menunjukkan jumlah kegagalan berturut-turut pada periode terbaru yang digunakan untuk mendeteksi indikasi penurunan performa secara cepat dalam jangka pendek. Berdasarkan nilai S , sistem menetapkan *hard stop rule* untuk menentukan apakah *pairing* indukan perlu langsung diklasifikasikan ke dalam kategori stop atau masih dapat dilanjutkan ke analisis indikator berikutnya. Aturan (3.3) digunakan untuk menentukan kondisi penghentian langsung apabila terdapat tiga kegagalan beruntun, sedangkan Aturan (3.4) digunakan untuk menentukan kondisi ketika evaluasi dapat dilanjutkan ke analisis *success rate* historis.

$$\text{IF } S \geq 3 \text{ THEN } R \leftarrow \text{stop} \quad (3.3)$$

$$\text{IF } S < 3 \text{ THEN lanjutkan proses ke analisis } \textit{success rate} \text{ historis} \quad (3.4)$$

Aturan (3.3) menunjukkan bahwa apabila terdapat tiga kegagalan berturut-turut pada *trip* terbaru, sistem secara langsung mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori stop tanpa melanjutkan ke analisis indikator lainnya. Aturan ini diposisikan sebagai mekanisme protektif untuk menandai *pairing* yang menunjukkan pola kegagalan berulang dalam jangka pendek.

Aturan (3.4) menunjukkan bahwa apabila tidak ditemukan kondisi penghentian langsung, sistem melanjutkan evaluasi dengan analisis tingkat keberhasilan historis sebagai dasar penilaian performa *breeding* berdasarkan data historis.

3. Success Rate Historis

Untuk mengukur performa *breeding* berdasarkan data historis dalam jangka menengah, sistem menghitung tingkat keberhasilan berdasarkan maksimal 20 *trip breeding* terakhir. *Window 20 trip* digunakan sebagai batas operasional untuk merepresentasikan performa historis pasangan indukan dalam cakupan data yang lebih panjang, tetapi tetap membatasi perhitungan agar tidak terlalu dipengaruhi oleh data yang terlalu lama. Perhitungan ini digunakan karena sistem membutuhkan indikator proporsi keberhasilan yang dapat

merepresentasikan performa historis *pairing* indukan secara ringkas dan terukur. Persamaan (3.5) disusun dari konsep proporsi keberhasilan, yaitu perbandingan antara jumlah *trip breeding* yang berhasil dengan jumlah *trip breeding* yang dievaluasi dalam *window* historis. Tingkat keberhasilan historis dinotasikan pada Persamaan (3.5).

$$SR_{20} = \frac{B_{20}}{T_{20}} \quad (3.5)$$

dengan:

T_{20} = jumlah *trip breeding* dalam *window* maksimal 20 *trip* terakhir

B_{20} = jumlah *trip breeding* berstatus berhasil dalam *window* tersebut

Dalam penelitian ini, *trip breeding* didefinisikan sebagai satu siklus *breeding* yang telah mencapai outcome akhir, yaitu berhasil menghasilkan anakan hidup atau mengalami kegagalan. Pada mekanisme ini, status berhasil dalam perhitungan indikator mengacu pada *trip breeding* yang menghasilkan anakan hidup, sedangkan status gagal mencakup seluruh kondisi ketika proses *breeding* tidak menghasilkan anakan hidup.

Apabila jumlah total *trip* kurang dari 20, maka seluruh *trip* yang tersedia digunakan sebagai dasar perhitungan. Persamaan (3.5) merepresentasikan tingkat keberhasilan historis pasangan indukan yang digunakan sebagai indikator *baseline* performa *breeding* berdasarkan data historis sebelum dianalisis lebih lanjut melalui perbandingan tren jangka pendek. Pendekatan ini digunakan agar evaluasi performa didasarkan pada hasil reproduksi akhir, sehingga indikator yang dihasilkan lebih merepresentasikan keberhasilan nyata dalam proses *breeding*. Semakin tinggi nilai SR_{20} semakin baik performa *breeding* berdasarkan data historis pasangan indukan tersebut dalam jangka menengah.

Setelah tingkat keberhasilan historis diperoleh, sistem menghitung tingkat keberhasilan jangka pendek untuk merepresentasikan kondisi performa terbaru *pairing* indukan.

4. Success Rate Jangka Pendek

Untuk mengukur performa *breeding* berdasarkan data historis terkini, sistem menghitung tingkat keberhasilan berdasarkan maksimal 5 *trip breeding* terakhir. *Window* 5 *trip* digunakan sebagai batas operasional untuk merepresentasikan performa terbaru *pairing* indukan, sehingga sistem dapat membaca perubahan dalam beberapa periode *breeding* terakhir tanpa menunggu akumulasi data yang terlalu panjang. Persamaan (3.6) menggunakan

bentuk perhitungan yang sama dengan Persamaan (3.5), yaitu konsep proporsi keberhasilan, tetapi diterapkan pada *window* yang lebih pendek. Tingkat keberhasilan jangka pendek dinotasikan pada Persamaan (3.6).

$$SR_5 = \frac{B_5}{T_5} \quad (3.6)$$

dengan:

T_5 = jumlah *trip breeding* dalam *window* maksimal 5 *trip* terakhir

B_5 = jumlah *trip breeding* berstatus berhasil dalam *window* tersebut

Secara sederhana, nilai SR_5 menunjukkan performa terbaru *pairing* indukan dalam beberapa periode terakhir dan digunakan untuk merepresentasikan kondisi terkini sebelum dibandingkan dengan performa historis. Apabila jumlah total *trip* kurang dari 5, maka seluruh *trip* yang tersedia digunakan dalam perhitungan ini.

Persamaan (3.6) digunakan untuk merepresentasikan kondisi performa terbaru pasangan indukan, sehingga memungkinkan sistem mendeteksi perubahan performa dalam jangka pendek. Berdasarkan nilai SR_{20} pada Persamaan (3.5) dan nilai SR_5 pada Persamaan (3.6), sistem selanjutnya menghitung indikator tren performa untuk mengetahui arah perubahan performa pasangan indukan.

5. Indikator Tren Performa

Untuk mengetahui kecenderungan perubahan performa, sistem menghitung selisih antara tingkat keberhasilan jangka pendek dan tingkat keberhasilan historis. Perhitungan ini digunakan karena sistem tidak hanya perlu mengetahui tingkat keberhasilan secara umum, tetapi juga perlu membaca apakah performa terbaru mengalami peningkatan atau penurunan dibandingkan performa historis. Persamaan (3.7) disusun sebagai selisih antara nilai *success rate* jangka pendek pada Persamaan (3.6) dan nilai *success rate* historis pada Persamaan (3.5). Perhitungan indikator tren performa ditunjukkan pada Persamaan (3.7).

$$\Delta = SR_5 - SR_{20} \quad (3.7)$$

Nilai Δ digunakan sebagai indikator tren performa, dengan ketentuan bahwa:

- $\Delta > 0$ menunjukkan kecenderungan peningkatan performa

- $\Delta < 0$ menunjukkan kecenderungan penurunan performa

Secara sederhana, nilai Δ menunjukkan apakah performa terbaru lebih baik atau lebih buruk dibandingkan dengan performa sebelumnya, sehingga membantu sistem mendeteksi perubahan performa secara dini. Indikator tren ini menjadi komponen penting dalam sistem pendukung keputusan karena memungkinkan sistem memberikan hasil evaluasi tidak hanya berdasarkan tingkat keberhasilan historis, tetapi juga berdasarkan arah perubahan performa *pairing* indukan.

6. Alur Proses Evaluasi

Alur proses evaluasi dirancang untuk memastikan bahwa setiap keputusan yang dihasilkan didasarkan pada tahapan analisis yang terstruktur dan berbasis data historis. Proses evaluasi *pairing* indukan dalam sistem ini dilakukan secara bertahap berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis. Secara umum, alur evaluasi adalah sebagai berikut:

- Sistem memeriksa jumlah total *trip breeding* (T) untuk memastikan kecukupan data historis.
- Jika jumlah *trip* kurang dari tiga, sistem mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori uji_coba.
- Jika jumlah *trip* mencukupi, sistem mendeteksi kegagalan beruntun (S).
- Jika terdapat tiga kegagalan berturut-turut, sistem mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori stop.
- Jika tidak, sistem menghitung tingkat keberhasilan historis (SR_{20}).
- Sistem menghitung tingkat keberhasilan jangka pendek (SR_5).
- Sistem menghitung indikator tren performa (Δ).
- Sistem mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori secara deterministik berdasarkan aturan yang telah ditetapkan.

Mekanisme evaluasi disusun secara hierarkis, dan setiap aturan dievaluasi secara berurutan berdasarkan prioritas tertentu. Aturan pada tingkat awal memiliki prioritas lebih tinggi dan dapat menghentikan proses evaluasi tanpa melanjutkan ke indikator berikutnya.

7. Klasifikasi Hasil Evaluasi

Setelah nilai tingkat keberhasilan historis SR_{20} pada Persamaan (3.5) dan indikator tren performa Δ pada Persamaan (3.7) diperoleh, sistem melakukan proses klasifikasi hasil evaluasi ke dalam kategori stop, uji_coba, atau lanjut. Klasifikasi hasil evaluasi dilakukan

secara deterministik berdasarkan aturan yang dievaluasi secara berurutan. Aturan ini disusun agar sistem dapat menerjemahkan nilai indikator evaluasi berbasis data historis menjadi hasil evaluasi yang konsisten dan dapat ditelusuri.

Aturan klasifikasi hasil evaluasi ditetapkan secara berurutan melalui Aturan (3.8), Aturan (3.9), dan Aturan (3.10). Aturan (3.8) digunakan untuk menentukan kondisi stop, Aturan (3.9) digunakan untuk menentukan kondisi uji_coba, sedangkan Aturan (3.10) digunakan untuk menentukan kondisi lanjut apabila dua aturan sebelumnya tidak terpenuhi.

Aturan klasifikasi hasil evaluasi ditetapkan sebagai berikut:

$$\text{IF } SR_{20} < 0,40 \text{ OR } \Delta \leq -0,30 \text{ THEN } R \leftarrow \text{stop} \quad (3.8)$$

$$\text{IF } SR_{20} < 0,70 \text{ OR } \Delta \leq -0,15 \text{ THEN } R \leftarrow \text{uji_coba} \quad (3.9)$$

$$\text{IF tidak memenuhi Aturan (3.8) dan Aturan (3.9) THEN } R \leftarrow \text{lanjut} \quad (3.10)$$

Aturan (3.8) menunjukkan bahwa sistem mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori stop apabila tingkat keberhasilan historis berada di bawah 40% atau terjadi penurunan performa signifikan yang ditunjukkan oleh nilai $\Delta \leq -0,30$. Aturan (3.9) menunjukkan bahwa kategori uji_coba diberikan apabila tingkat keberhasilan historis belum mencapai 70% atau terdapat indikasi fluktuasi performa yang ditunjukkan oleh nilai $\Delta \leq -0,15$. Apabila tidak memenuhi kedua kondisi tersebut, sistem mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori lanjut.

Klasifikasi hasil evaluasi dilakukan secara berurutan mulai dari Aturan (3.8), kemudian Aturan (3.9), dan terakhir Aturan (3.10). Kondisi pertama yang terpenuhi akan langsung menentukan nilai R, sehingga tidak terjadi ambiguitas meskipun lebih dari satu kondisi dapat terpenuhi secara bersamaan. Dengan mekanisme ini, sistem menjaga konsistensi proses klasifikasi hasil evaluasi berbasis aturan yang deterministik dan transparan.

E. Justifikasi Parameter dan Ambang Batas

Penetapan parameter dan ambang batas pada mekanisme evaluasi deterministik dilakukan melalui proses elisitasi pengetahuan dari peternak Murai Batu. Elisitasi

pengetahuan dalam penelitian ini bertujuan untuk menggali pengetahuan praktis peternak mengenai cara menilai performa *pairing* indukan berdasarkan riwayat *breeding*. Proses ini diperlukan karena evaluasi *pairing* indukan tidak hanya berkaitan dengan data numerik, tetapi juga dipengaruhi oleh pengalaman peternak dalam membaca pola keberhasilan, kegagalan, dan kestabilan hasil *breeding*.

Elisitasi pengetahuan dilakukan melalui diskusi semi-terstruktur dengan tiga peternak Murai Batu yang memiliki pengalaman langsung dalam aktivitas *breeding*. Diskusi semi-terstruktur digunakan karena peneliti telah menyiapkan pertanyaan pokok, tetapi tetap memberikan ruang untuk pertanyaan lanjutan sesuai dengan jawaban dan pengalaman masing-masing peternak. Pertanyaan yang diajukan diarahkan pada beberapa aspek utama, yaitu jumlah minimal *trip breeding* yang dianggap cukup untuk mulai mengevaluasi performa *pairing*, tingkat keberhasilan yang dianggap rendah, tingkat keberhasilan yang dianggap stabil, pola kegagalan yang perlu diwaspadai, serta pengaruh penurunan performa dalam beberapa *trip* terakhir terhadap keputusan peternak.

Hasil elisitasi tersebut digunakan sebagai dasar awal dalam penyusunan parameter operasional sistem. Berdasarkan kecenderungan jawaban dan pengetahuan praktis yang diperoleh dari peternak, parameter yang digunakan meliputi batas minimal tiga *trip breeding*, ambang *success rate* historis di bawah 40% sebagai indikator performa rendah, ambang *success rate* historis minimal 70% sebagai indikator performa stabil, nilai $\Delta \leq -0,15$ sebagai indikasi penurunan performa yang perlu diwaspadai, nilai $\Delta \leq -0,30$ sebagai indikasi penurunan performa yang signifikan, serta tiga kegagalan beruntun sebagai kondisi hard stop. Parameter tersebut kemudian diterapkan dalam mekanisme evaluasi deterministik agar sistem dapat menghasilkan klasifikasi evaluasi secara eksplisit, konsisten, dan dapat ditelusuri.

Penetapan parameter dalam penelitian ini tidak dimaksudkan sebagai standar biologis mutlak pada *breeding* burung Murai Batu. Parameter tersebut diposisikan sebagai parameter operasional awal berbasis *expert judgment* yang digunakan untuk membangun mekanisme evaluasi dalam sistem pendukung keputusan. Hal ini dilakukan karena belum tersedia data historis *breeding* Murai Batu dalam skala besar yang terdokumentasi secara sistematis untuk dijadikan dasar penetapan ambang batas secara statistik. Oleh karena itu, parameter yang digunakan bersifat terbuka untuk dikalibrasi ulang pada pengembangan berikutnya seiring bertambahnya data historis *breeding* dan keterlibatan peternak yang lebih beragam.

1. Minimum 3 *Trip Breeding*

Penetapan batas minimal tiga *trip breeding* digunakan sebagai ambang operasional awal agar evaluasi *pairing* tidak dilakukan berdasarkan data yang terlalu sedikit, tetapi juga tidak menunggu terlalu lama untuk memberikan masukan kepada peternak. Dalam hasil diskusi dengan peternak, satu *trip breeding* dipahami memerlukan waktu sekitar tiga sampai empat minggu sampai dapat diamati apakah proses tersebut menghasilkan anakan atau tidak. Dengan demikian, tiga *trip* merepresentasikan sekitar sembilan sampai dua belas minggu, atau kurang lebih hingga tiga bulan periode pengamatan awal terhadap *pairing* indukan.

Rentang tersebut tidak dimaksudkan untuk menyatakan bahwa pengaruh faktor biologis dan lingkungan sudah dapat diabaikan. Faktor seperti adaptasi pasangan, kondisi indukan, kualitas pakan, cuaca, kondisi kandang, stres, musim *breeding*, maupun gangguan lingkungan tetap dapat memengaruhi hasil *breeding*. Namun, tiga *trip* dipilih sebagai batas minimal paling awal yang realistis karena memberikan titik tengah antara evaluasi yang terlalu cepat berdasarkan satu atau dua kejadian *breeding* dan evaluasi yang terlalu lambat apabila baru dilakukan setelah lima atau sepuluh *trip*. Pada titik tersebut, sistem mulai memiliki riwayat keberhasilan dan kegagalan yang dapat digunakan untuk membaca kecenderungan awal performa *pairing*.

Minimal tiga *trip* tidak dimaknai sebagai standar biologis mutlak, melainkan sebagai parameter operasional dalam sistem pendukung keputusan yang dapat dikalibrasi ulang apabila tersedia data historis *breeding* yang lebih besar, lebih beragam, dan terdokumentasi dalam periode yang lebih panjang. Setelah batas minimal tersebut terpenuhi, evaluasi dapat dilakukan kembali apabila terdapat penambahan data historis baru, seperti *trip breeding* berikutnya. Dengan demikian, tiga *trip* berfungsi sebagai ambang minimum evaluasi awal, bukan sebagai batas akhir evaluasi *pairing*.

2. Ambang 40% sebagai Performa Rendah

Nilai $SR_{20} < 0,40$ dikategorikan sebagai performa rendah karena menunjukkan bahwa keberhasilan *breeding* berada pada proporsi yang lebih kecil dibandingkan kegagalan. Pada evaluasi *pairing* indukan, kondisi ini menandakan bahwa pasangan indukan belum menunjukkan kecenderungan performa yang cukup kuat untuk dilanjutkan tanpa evaluasi ulang. Ambang ini tidak dimaksudkan sebagai standar biologis mutlak, melainkan sebagai parameter operasional untuk menandai adanya dominasi kegagalan dalam data historis *breeding* yang tersedia.

Berdasarkan hasil elisitasi, pasangan indukan yang lebih sering gagal dibandingkan berhasil dipandang perlu ditinjau kembali sebelum dilanjutkan pada siklus *breeding* berikutnya. Hal ini karena keberlanjutan *pairing* dengan tingkat keberhasilan rendah dapat berdampak pada penggunaan waktu, tenaga, pakan, dan siklus reproduksi yang kurang efektif. Oleh karena itu, ambang 40% digunakan sebagai batas bawah performa dalam sistem pendukung keputusan untuk memberikan sinyal evaluatif terhadap *pairing* indukan.

Nilai $SR_{20} < 0,40$ tidak diposisikan sebagai keputusan final bahwa *pairing* pasti tidak cocok, tetapi sebagai indikator bahwa performa historis pasangan berada pada kategori rendah dan perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut dari peternak. Interpretasi terhadap hasil evaluasi tetap perlu mempertimbangkan kondisi lapangan, seperti kondisi biologis indukan, kualitas pakan, cuaca, lingkungan kandang, serta faktor teknis lain yang dapat memengaruhi keberhasilan *breeding*.

3. Ambang 70% sebagai Performa Stabil

Nilai $\geq 0,70$ digunakan sebagai indikator performa stabil karena menunjukkan bahwa sebagian besar *trip breeding* menghasilkan keberhasilan. Pada evaluasi *pairing* indukan, ambang ini merepresentasikan kecenderungan performa historis yang relatif baik, karena keberhasilan lebih dominan dibandingkan kegagalan. Namun, nilai tersebut tidak dimaknai sebagai ukuran biologis mutlak bahwa pasangan indukan pasti selalu layak dipertahankan, melainkan sebagai parameter operasional untuk menandai kecenderungan performa yang stabil berdasarkan data historis yang tersedia.

Berdasarkan hasil elisitasi, pasangan indukan yang mampu mempertahankan keberhasilan pada mayoritas siklus *breeding* umumnya dipandang memiliki kecocokan yang lebih baik dibandingkan pasangan yang sering mengalami kegagalan. Oleh karena itu, ambang 70% digunakan sebagai batas operasional untuk mengidentifikasi *pairing* yang memiliki kecenderungan performa positif dan layak dipertimbangkan untuk dilanjutkan dalam kerangka sistem pendukung keputusan.

Meskipun demikian, ambang 70% tidak digunakan secara terpisah dari indikator lain. Pasangan dengan *success rate* tinggi tetap perlu dievaluasi melalui tren performa terbaru, pola kegagalan, serta kondisi lapangan yang dapat memengaruhi hasil *breeding*, seperti kondisi biologis indukan, kualitas pakan, cuaca, dan lingkungan kandang. Ambang 70% berfungsi sebagai indikator kestabilan historis, sedangkan interpretasi akhirnya tetap

mempertimbangkan indikator evaluasi lain dan pertimbangan peternak sebagai pengambil keputusan akhir.

4. Ambang Δ sebagai Indikator Penurunan Performa

Nilai Δ digunakan untuk membaca perubahan performa *pairing* indukan dalam periode terbaru dibandingkan dengan performa historisnya. Indikator ini diperlukan karena nilai *success rate* historis belum selalu mampu menunjukkan adanya penurunan performa jangka pendek. *Pairing* yang secara historis memiliki tingkat keberhasilan baik tetap dapat menunjukkan gejala penurunan apabila hasil pada beberapa *trip* terakhir mulai didominasi kegagalan.

Dalam mekanisme evaluasi ini, nilai $\Delta \leq -0,15$ digunakan sebagai indikasi penurunan performa yang perlu diwaspadai, sedangkan $\Delta \leq -0,30$ digunakan sebagai indikasi penurunan performa yang lebih signifikan. Berdasarkan hasil elisitasi, perubahan hasil pada periode terbaru perlu diperhatikan karena dapat menunjukkan adanya gangguan atau perubahan kondisi yang belum terlihat apabila evaluasi hanya dilakukan berdasarkan rata-rata historis. Faktor seperti kondisi biologis indukan, kualitas pakan, cuaca, lingkungan kandang, dan pola perawatan dapat memengaruhi perubahan performa tersebut.

Indikator Δ tidak digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan absolut, melainkan untuk mendeteksi arah perubahan performa dalam evaluasi berbasis data historis. Ambang Δ berfungsi sebagai sinyal evaluatif agar sistem dapat menunjukkan adanya potensi penurunan kualitas *pairing* yang perlu ditinjau kembali oleh peternak. Interpretasi terhadap nilai Δ tetap perlu dipahami bersama indikator lain, seperti *success rate* historis, pola kegagalan, dan kondisi aktual pada peternakan.

5. Tiga Kegagalan Beruntun sebagai *Hard Stop*

Tiga kegagalan berturut-turut digunakan sebagai indikator performa jangka pendek yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Dalam evaluasi *breeding*, kegagalan yang terjadi secara berurutan memiliki makna yang berbeda dengan kegagalan yang tersebar. Kegagalan yang tersebar masih dapat menunjukkan adanya variasi performa, sedangkan kegagalan beruntun menunjukkan bahwa dalam beberapa siklus terakhir *pairing* tidak menghasilkan keberhasilan sama sekali.

Berdasarkan hasil elisitasi, pola kegagalan beruntun dipandang sebagai sinyal yang perlu segera ditinjau. Kondisi tersebut tidak selalu disebabkan oleh ketidaksesuaian *pairing*

secara langsung, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh konteks biologis dan lingkungan pada peternakan, seperti kondisi kesehatan indukan, kesiapan reproduksi, kualitas pakan, perubahan cuaca, kelembapan, kondisi kandang, gangguan lingkungan, serta pola perawatan. Oleh karena itu, tiga kegagalan beruntun digunakan sebagai hard stop dalam sistem, bukan sebagai kesimpulan biologis yang final, tetapi sebagai mekanisme peringatan agar *pairing* tidak terus dilanjutkan tanpa evaluasi ulang.

Aturan hard stop berfungsi sebagai mekanisme protektif dalam sistem pendukung keputusan. Aturan ini membantu sistem menandai *pairing* yang menunjukkan pola kegagalan berulang secara konsisten, sekaligus mendorong peternak untuk meninjau kembali faktor *pairing* dan faktor lapangan yang mungkin memengaruhi hasil *breeding*. Keputusan akhir tetap berada pada peternak dengan mempertimbangkan kondisi aktual pada peternakan.

Ambang batas yang digunakan dalam sistem ini tidak dimaksudkan sebagai standar biologis mutlak, melainkan sebagai parameter operasional dalam sistem pendukung keputusan yang disusun berdasarkan data historis dan *expert judgment* dari peternak. Parameter tersebut digunakan untuk membantu sistem membaca kecenderungan performa *pairing* indukan secara lebih eksplisit, konsisten, dan terdokumentasi, dengan tetap mengakui bahwa keberhasilan *breeding* dapat dipengaruhi oleh faktor biologis, lingkungan, dan praktik pengelolaan pada masing-masing peternakan.

Dengan demikian, hasil evaluasi yang dihasilkan sistem perlu dipahami sebagai sinyal pendukung keputusan, bukan sebagai keputusan final yang menggantikan pertimbangan peternak. Peternak tetap memiliki ruang untuk meninjau hasil sistem berdasarkan kondisi aktual di lapangan, seperti kondisi indukan, kualitas pakan, cuaca, kondisi kandang, gangguan lingkungan, serta pola perawatan yang diterapkan. Oleh karena itu, parameter dalam mekanisme ini menjadi bagian integral dari sistem pendukung keputusan dalam mendukung evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis, sekaligus tetap menempatkan peternak sebagai pengambil keputusan akhir.

F. Posisi Mekanisme Evaluasi dalam Arsitektur Sistem

Mekanisme evaluasi deterministik yang dirancang pada subbab ini berfungsi sebagai inti proses klasifikasi hasil evaluasi sistem pendukung keputusan evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding* burung Murai Batu. Mekanisme ini menghasilkan evaluasi yang diklasifikasikan ke dalam kategori evaluasi berupa stop, uji_coba, atau lanjut berdasarkan

perhitungan indikator evaluasi berbasis data historis yang dilakukan secara eksplisit dan terstruktur.

Mekanisme deterministik tersebut tidak menghasilkan uraian naratif, tidak melakukan prediksi biologis, dan tidak menggunakan pendekatan probabilistik maupun pembelajaran mesin. Seluruh proses klasifikasi dilakukan melalui aturan yang telah didefinisikan secara eksplisit, sehingga setiap hasil evaluasi yang dihasilkan dapat ditelusuri kembali ke indikator kuantitatif yang mendasarinya.

Dalam arsitektur sistem secara keseluruhan, mekanisme evaluasi deterministik diposisikan sebagai inti mekanisme pengambilan keputusan. Komponen LLM tidak mengubah hasil klasifikasi tersebut, melainkan berfungsi sebagai lapisan interpretatif yang menyusun dan menyajikan uraian naratif atas hasil evaluasi yang telah ditetapkan sistem. Dengan pemisahan peran ini, sistem mempertahankan konsistensi antara perhitungan kuantitatif berbasis histori dan penyajian interpretatif berbasis bahasa alami, serta tetap menempatkan peternak sebagai pengambil keputusan utama dalam kerangka *human-in-the-loop*.

3.2.5 Perancangan Komponen LLM sebagai Lapisan Interpretatif

Perancangan komponen LLM dalam penelitian ini dilakukan untuk mendukung penyusunan dan penyajian hasil evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding* burung Murai Batu berbasis data historis. Komponen LLM juga menyusun uraian interpretatif yang memberikan *insight* berbasis data historis terhadap kondisi *pairing* indukan, dengan tetap mengacu pada hasil evaluasi yang telah dihitung sistem melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis. *Insight* yang dihasilkan bersifat terbatas pada interpretasi hasil evaluasi dan tidak menambahkan aturan baru maupun mengubah hasil klasifikasi yang telah ditetapkan oleh mekanisme evaluasi deterministik.

1. Komponen LLM diintegrasikan ke dalam sistem informasi manajemen *breeding* sebagai bagian pendukung dari sistem pendukung keputusan evaluatif yang berfungsi menyusun dan menyajikan uraian interpretatif atas hasil evaluasi *pairing* indukan yang telah dihitung sistem secara terstruktur tanpa mengubah hasil evaluasi yang telah dihitung sistem melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis. Implementasi LLM dilakukan melalui layanan OpenAI API dengan model GPT-4o Mini sebagai komponen interpretatif, tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

2. Komponen LLM digunakan setelah proses evaluasi *pairing* indukan dihitung oleh sistem berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis. Aktivitas penyusunan uraian interpretatif dipicu ketika peternak memilih *pairing* indukan yang akan dievaluasi, sehingga komponen LLM bekerja berdasarkan hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan sistem dan tidak berjalan secara otomatis.
3. Data yang digunakan sebagai *input* pada komponen LLM berasal dari *pairing* indukan yang dipilih oleh peternak sebagai objek evaluasi. *Input* tersebut berupa ringkasan hasil evaluasi berbasis indikator data historis yang telah dihitung sistem, beserta konteks riwayat *breeding* lintas periode yang terkait dengan *pairing* indukan tersebut. Dengan demikian, penyusunan uraian interpretatif difokuskan pada hasil evaluasi *pairing* indukan terpilih dan tidak mencakup data *breeding* dari *pairing* lain di luar objek evaluasi.
4. Proses penyusunan uraian interpretatif oleh komponen LLM berada dalam mekanisme kendali pengguna, dengan peternak berperan sebagai pemicu dan peninjau hasil evaluasi. Proses ini tidak menghasilkan keputusan otomatis, melainkan menyajikan uraian deskriptif atas hasil evaluasi yang telah dihitung sistem melalui mekanisme deterministik berbasis indikator data historis dan perlu ditafsirkan oleh peternak. Dengan mekanisme ini, kecerdasan buatan diposisikan dalam kerangka *human-in-the-loop* dan tidak mengambil alih kewenangan pengambilan keputusan *breeding*.
5. Hasil evaluasi *pairing* indukan yang telah dihitung sistem berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis disajikan sebagai luaran evaluatif dalam bentuk informasi evaluatif dan uraian interpretatif yang bersifat informasional. Uraian tersebut disusun dan disajikan secara terstruktur melalui komponen LLM untuk membantu pemahaman peternak terhadap performa *pairing* indukan. Hasil evaluasi yang telah ditinjau dan dikonfirmasi oleh peternak selanjutnya disimpan dalam sistem sebagai bagian dari dokumentasi evaluasi *breeding* dan dapat ditelusuri kembali sebagai bahan pertimbangan pada proses evaluasi *breeding* berikutnya. Uraian tersebut dapat memuat *insight* kontekstual terhadap kondisi *pairing* indukan berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis, tanpa menghasilkan keputusan atau rekomendasi tindakan di luar mekanisme evaluasi yang telah ditetapkan sistem.

Ringkasan mekanisme kerja komponen LLM sebagai lapisan interpretatif dalam sistem ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Mekanisme Kerja Komponen LLM

Tahap	Bentuk Informasi	Deskripsi
<i>Input</i>	Ringkasan hasil evaluasi berbasis indikator data historis	Hasil evaluasi <i>pairing</i> indukan yang telah dihitung sistem sebagai konteks interpretasi
Proses	Penyusunan uraian melalui <i>prompt</i> terstruktur	Ringkasan evaluasi diarahkan melalui <i>prompt</i> untuk menghasilkan uraian deskriptif dan kontekstual
<i>Output</i>	Narasi evaluatif dan uraian interpretatif informasional sebagai bahan pertimbangan	Uraian interpretatif sebagai bahan pertimbangan peternak

Berdasarkan mekanisme tersebut, komponen LLM dalam penelitian ini diposisikan sebagai lapisan interpretatif yang bekerja di atas hasil evaluasi berbasis indikator evaluasi dan data historis yang telah dihitung sistem. Peran komponen ini terbatas pada penyusunan dan penyajian uraian evaluatif secara naratif untuk memperjelas konteks dan implikasi manajerial dari hasil evaluasi yang tersedia. Dengan pendekatan ini, sistem tetap mempertahankan mekanisme evaluasi deterministik sebagai inti analisis, sementara kecerdasan buatan berfungsi memperkaya proses refleksi dan pemahaman tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama. Dengan demikian, komponen LLM tidak hanya menyajikan hasil evaluasi dalam bentuk naratif, tetapi juga memberikan *insight* interpretatif berbasis data historis yang membantu peternak memahami kondisi *pairing* indukan secara lebih komprehensif, tanpa mengubah mekanisme evaluasi maupun hasil klasifikasi dalam sistem pendukung keputusan.

Rancangan *prompt* pada komponen LLM disusun secara terstruktur untuk mengatur konteks data, batasan analisis, format keluaran, serta larangan terhadap spekulasi biologis. Adapun *template prompt* lengkap yang digunakan dalam sistem disajikan pada Lampiran 2.

3.2.6 Perancangan Antarmuka Sistem

Perancangan antarmuka sistem dilakukan untuk mendukung interaksi peternak dengan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu secara terstruktur dan kontekstual. Antarmuka tidak diposisikan semata sebagai media *input* dan *output* data, tetapi sebagai

sarana pendukung pengelolaan data historis *breeding* serta proses evaluasi *pairing* indukan. Oleh karena itu, perancangan antarmuka difokuskan pada keterlacakan data *breeding* lintas periode, kejelasan relasi antara indukan, anakan, dan kandang, serta kemudahan peternak dalam meninjau informasi yang relevan untuk proses evaluasi *breeding*.

Antarmuka sistem dirancang mencakup halaman *dashboard* sebagai titik awal interaksi pengguna, halaman pengelolaan indukan dan kandang sebagai dasar pembentukan konteks *breeding*, serta halaman detail indukan, detail anakan, dan detail kandang untuk menyajikan keterkaitan data *breeding* secara lebih spesifik. Halaman detail indukan dan detail anakan dirancang untuk memperlihatkan hubungan antara *pairing* indukan, periode *breeding*, dan hasil anakan yang dihasilkan, sehingga data historis *breeding* dapat ditelusuri secara sistematis. Penyajian informasi tersebut mendukung pembentukan konteks evaluasi *breeding* yang berbasis pada riwayat hasil *breeding* dari *pairing* indukan tertentu.

Proses evaluasi *pairing* indukan difasilitasi melalui antarmuka pemilihan data evaluasi *breeding*, dengan peternak memilih *pairing* indukan yang akan dijadikan objek evaluasi. Hasil evaluasi yang telah dihitung sistem berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis disajikan melalui halaman hasil evaluasi *breeding* sebagai keluaran evaluatif berupa informasi evaluatif dan uraian interpretatif yang bersifat informasional. Untuk mendukung penyusunan dan penyajian uraian tersebut secara naratif, sistem terintegrasi dengan layanan kecerdasan buatan berbasis OpenAI API sebagai komponen eksternal. Komponen kecerdasan buatan tersebut berfungsi sebagai lapisan interpretatif yang menyusun uraian berbasis hasil evaluasi yang telah dihitung sistem, tanpa mengubah hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh mekanisme evaluasi deterministik.

Seluruh hasil evaluasi yang telah ditinjau oleh peternak disimpan dan dapat diakses kembali melalui halaman riwayat evaluasi *breeding* sebagai bagian dari dokumentasi evaluasi *breeding* yang berkelanjutan.

3.3 Metode Pengujian Sistem

Metode pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu yang dikembangkan telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang dirumuskan pada tahap analisis kebutuhan. Pengujian difokuskan pada kelayakan sistem dalam mengelola data *breeding* secara terstruktur serta mendukung proses evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis sebagai sistem pendukung keputusan. Selain

itu, pengujian juga diarahkan untuk menilai keterpahaman dan penerimaan sistem oleh pengguna pada praktik *breeding*, serta untuk menilai apakah sistem mampu mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara lebih objektif dan mengurangi ketergantungan pada penilaian subjektif peternak melalui pemanfaatan mekanisme evaluasi deterministik berbasis indikator data historis.

Pengujian sistem dilakukan melalui tiga komponen utama, yaitu pengujian fungsional sistem, pengujian berbasis pengguna yang mencakup aspek *usability* dan penerimaan pengguna, serta validasi terbatas kualitas interpretasi AI. Ketiga komponen ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem tidak hanya berjalan secara teknis, tetapi juga dapat dimanfaatkan secara efektif dalam praktik evaluasi *pairing* indukan pada *breeding* burung Murai Batu, serta mampu menyajikan uraian interpretatif AI yang layak sebagai pendukung pemahaman terhadap hasil evaluasi.

Pengujian akurasi evaluasi dengan membandingkan hasil sistem terhadap keputusan pakar atau peternak sebagai *ground truth* tidak dilakukan dalam penelitian ini. Hal tersebut disebabkan sistem yang dikembangkan tidak diposisikan sebagai model prediktif atau klasifikasi berbasis pembelajaran mesin, melainkan sebagai sistem pendukung keputusan berbasis aturan deterministik yang menggunakan indikator evaluasi berbasis data historis. Dengan demikian, pengujian dalam penelitian ini difokuskan keberfungsian sistem, konsistensi keluaran terhadap *input* yang sama, *usability*, penerimaan pengguna, serta validasi terbatas terhadap kualitas *output* interpretatif AI. Kesesuaian hasil evaluasi dengan praktik peternak tetap dinilai melalui pengujian penerimaan pengguna, khususnya pada aspek keterpahaman, kebermanfaatan, dan kesesuaian rekomendasi dengan pengalaman praktik *breeding*.

3.3.1 Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pengujian fungsional sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu dapat menjalankan alur kerja utama evaluasi *pairing* indukan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Pengujian ini berfokus pada keberfungsian sistem dalam mengelola data *breeding*, membentuk data historis lintas periode, serta menyajikan hasil evaluasi *pairing* indukan sebagai sistem pendukung keputusan berbasis data historis.

Pendekatan pengujian yang digunakan mensimulasikan penggunaan sistem secara aktual oleh peternak dalam satu alur yang terintegrasi. Pengujian tidak dilakukan dengan

mengisolasi setiap komponen sistem secara terpisah, melainkan dengan memandang sistem sebagai satu kesatuan proses yang saling terhubung. Alur penggunaan sistem yang diuji mencerminkan praktik nyata, dengan peternak melakukan pencatatan data *breeding*, membentuk data historis lintas periode, memilih *pairing* indukan sebagai objek evaluasi, dan meninjau hasil evaluasi yang dihasilkan sistem.

Ruang lingkup pengujian fungsional mencakup fungsi-fungsi inti yang membentuk alur utama sistem sebagaimana dirancang pada *use case* diagram dan *activity* diagram. Pengujian difokuskan pada proses yang secara langsung berkontribusi terhadap pembentukan data historis *breeding* dan pelaksanaan evaluasi *pairing* indukan. Pendekatan ini memastikan bahwa pengujian memiliki keterkaitan langsung dengan rancangan proses sistem dan merepresentasikan cara sistem digunakan pada evaluasi *pairing* indukan, tanpa memperluas pengujian ke fitur pendukung di luar fokus penelitian.

Kriteria keberfungsian sistem ditentukan berdasarkan kemampuan sistem dalam menerima *input* pengguna, memproses data sesuai alur yang dirancang, serta menghasilkan *output* yang konsisten dengan mekanisme evaluasi berbasis indikator dan data historis. Pengujian ini tidak diarahkan pada penilaian kualitas narasi interpretatif yang dihasilkan komponen LLM, melainkan pada keberhasilan sistem dalam menjalankan seluruh alur secara utuh dan konsisten. Selain itu, pengujian juga mencakup verifikasi terhadap kestabilan keluaran sistem terhadap *input* yang sama untuk memastikan bahwa mekanisme evaluasi berbasis indikator data historis menghasilkan klasifikasi yang konsisten. Dengan demikian, pengujian fungsional tidak hanya memastikan sistem berjalan secara teknis, tetapi juga memverifikasi bahwa sistem mampu mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara terstruktur dan berbasis data historis sesuai dengan tujuan penelitian.

3.3.2 Pengujian *Usability* dan Penerimaan Pengguna

Pengujian oleh pengguna dilakukan untuk menilai kelayakan penggunaan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu pada praktik *breeding*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat dipahami, mudah digunakan, serta diterima sebagai sistem pendukung keputusan dalam proses evaluasi *pairing* indukan sebagai dasar dalam evaluasi *breeding* berbasis data historis pada penggunaan nyata. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk menilai apakah sistem dapat digunakan sebagai sistem pendukung keputusan yang membantu peternak dalam memahami dan mengevaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur. Pada pengujian ini, penerimaan pengguna dinilai

terhadap keluaran sistem secara umum, termasuk keterpahaman hasil evaluasi dan rekomendasi yang disajikan. Sementara itu, penilaian yang lebih spesifik terhadap kualitas uraian interpretatif AI dijelaskan secara terpisah pada Subbab 3.3.3.

Pengujian dilakukan dengan melibatkan lima peternak Murai Batu sebagai responden. Pemilihan responden dilakukan secara purposif dengan kriteria utama bahwa responden merupakan peternak yang aktif menjalankan kegiatan *breeding* Murai Batu secara berkelanjutan, sehingga memiliki pemahaman praktis terhadap proses pencatatan *breeding*, evaluasi *pairing* indukan, serta pengambilan keputusan dalam pengelolaan ternak. Kriteria ini dipilih untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan didasarkan pada pengalaman nyata di lapangan, bukan sekadar persepsi umum terhadap sistem. Jumlah lima responden pada penelitian ini mengacu pada pendekatan *usability testing* dalam evaluasi awal sistem. Nielsen dan Landauer (1993) menjelaskan bahwa evaluasi *usability* dengan jumlah pengguna uji yang terbatas dapat digunakan secara efektif dalam menemukan permasalahan *usability* pada tahap awal atau iteratif pengembangan sistem. Selain itu, Virzi (1992) menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan *usability* dapat teridentifikasi melalui empat hingga lima subjek uji. Pada penelitian ini, pengujian tidak ditujukan untuk menghasilkan generalisasi statistik terhadap seluruh populasi peternak Murai Batu, melainkan untuk memperoleh penilaian awal terhadap kelayakan penggunaan sistem pada praktik *breeding*.

Responden diminta menggunakan sistem sesuai alur yang telah dirancang, mulai dari pengelolaan data *breeding*, pengelolaan *pairing* indukan, pencatatan hasil *breeding*, hingga peninjauan hasil evaluasi *pairing* indukan. Setelah menggunakan sistem, responden memberikan penilaian terhadap keterpahaman alur sistem, kemudahan penggunaan, kebermanfaatan sistem, serta kesesuaian hasil evaluasi *pairing* indukan terhadap praktik *breeding* yang dilakukan.

Instrumen pengujian disusun dalam bentuk kuesioner menggunakan skala *Likert* lima tingkat dengan rentang penilaian dari 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju), dengan interpretasi hasil menggunakan kategorisasi rentang skala interval 0,8 per kategori (Sugiyono, 2019). Kuesioner dirancang secara kontekstual dengan mempertimbangkan tujuan pengujian yang difokuskan pada dua aspek utama, yaitu *usability* dan penerimaan pengguna.

Penyusunan indikator pada pengujian *usability* mengacu pada prinsip *usability*, terutama terkait kemudahan dipelajari (*learnability*), efisiensi penggunaan (*efficiency of use*), dan kepuasan pengguna (*satisfaction*) sebagaimana dijelaskan oleh Nielsen (1993). Prinsip tersebut digunakan sebagai landasan konseptual dalam menyusun butir pernyataan yang

berkaitan dengan kemudahan penggunaan sistem, keterpahaman alur dan navigasi, kemudahan menemukan fitur utama, serta pengalaman pengguna saat berinteraksi dengan sistem.

Sementara itu, aspek penerimaan pengguna dikembangkan berdasarkan dimensi kebermanfaatan yang dipersepsikan (*perceived usefulness*) yang merupakan salah satu konstruk utama dalam *Technology Acceptance Model* (TAM) (Davis, 1989). Dimensi tersebut digunakan untuk menilai sejauh mana pengguna memandang sistem dapat membantu aktivitas *breeding* serta mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara lebih efektif.

Instrumen pada penelitian ini tidak menggunakan *System Usability Scale* (SUS) maupun *Technology Acceptance Model* (TAM) secara langsung karena sistem yang dikembangkan memiliki konteks penggunaan yang spesifik pada praktik *breeding* burung Murai Batu, khususnya pada proses evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis. Instrumen disusun secara mandiri agar indikator yang digunakan dapat merepresentasikan karakteristik penggunaan sistem, kebutuhan peternak, serta konteks evaluasi *breeding* yang tidak sepenuhnya dapat diakomodasi oleh instrumen umum yang bersifat generik.

Validitas instrumen dalam penelitian ini diposisikan sebagai validitas isi secara konseptual. Validitas isi tersebut diperoleh melalui kesesuaian antara butir pertanyaan dengan dasar teori yang digunakan, yaitu prinsip *usability* Nielsen dan konstruk *perceived usefulness* dalam *Technology Acceptance Model*. Dengan demikian, setiap butir pertanyaan disusun untuk merepresentasikan aspek yang relevan dengan tujuan pengujian, seperti kemudahan penggunaan, keterpahaman navigasi, kemudahan mempelajari sistem, kepuasan pengguna, kebermanfaatan sistem, kesesuaian sistem dengan kebutuhan peternak, dan kesiediaan penggunaan sistem secara rutin. Namun, penelitian ini tidak melakukan uji validitas konstruk secara statistik karena jumlah responden terbatas dan pengujian tidak diarahkan sebagai pengujian psikometrik formal, melainkan sebagai evaluasi awal terhadap *usability* dan penerimaan pengguna pada konteks penggunaan sistem secara terbatas.

Untuk memperkuat kualitas instrumen, dilakukan uji reliabilitas internal menggunakan *Cronbach's Alpha* terhadap 10 butir instrumen *usability* dan penerimaan pengguna. *Cronbach's Alpha* digunakan untuk menilai sejauh mana butir-butir pertanyaan dalam suatu instrumen memiliki konsistensi internal dalam mengukur konstruk yang sama (Tavakol & Dennick, 2011). Rumus *Cronbach's Alpha* ditunjukkan pada Persamaan (3.11).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (3.11)$$

Keterangan:

α = nilai reliabilitas *Cronbach's Alpha*

k = jumlah butir pertanyaan dalam instrumen

σ_i^2 = varians skor pada setiap butir pertanyaan

σ_t^2 = varians total skor instrumen

Secara sederhana, nilai *Cronbach's Alpha* menunjukkan tingkat konsistensi internal antarbutir pertanyaan dalam instrumen. Nilai tersebut digunakan untuk melihat apakah butir-butir pertanyaan pada instrumen *usability* dan penerimaan pengguna memiliki keterkaitan yang cukup konsisten dalam mengukur aspek yang sama. Pada penelitian ini, perhitungan *Cronbach's Alpha* hanya dilakukan terhadap 10 butir instrumen *usability* dan penerimaan pengguna. Adapun 5 butir validasi pengguna terhadap rekomendasi AI/SPK tidak dihitung menggunakan *Cronbach's Alpha* karena jawaban responden cenderung homogen dan memiliki varians yang sangat rendah, sehingga hasil uji reliabilitas tidak memberikan interpretasi yang bermakna.

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata setiap indikator penilaian untuk menggambarkan tingkat *usability*, penerimaan pengguna, dan validasi pengguna terhadap rekomendasi AI/SPK. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar untuk menilai kelayakan sistem pada penggunaan nyata serta untuk mengidentifikasi potensi penyempurnaan pada tahap pengembangan selanjutnya. Hasil uji reliabilitas *Cronbach's Alpha* disajikan pada Bab IV sebagai informasi pendukung terhadap konsistensi internal instrumen *usability* dan penerimaan pengguna.

Pengujian ini tidak dimaksudkan untuk menghasilkan generalisasi statistik terhadap seluruh populasi peternak, melainkan sebagai penilaian awal terhadap kelayakan dan kebermanfaatan sistem pada praktik *breeding*. Dengan melibatkan peternak secara langsung, penelitian ini memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga relevan dan dapat diterapkan dalam aktivitas evaluasi *breeding* sehari-hari tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

3.3.3 Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI

Validasi terbatas kualitas interpretasi AI dilakukan untuk menilai kelayakan uraian naratif yang dihasilkan oleh komponen *Large Language Model* dalam menjelaskan hasil

evaluasi *pairing* indukan. Validasi ini berbeda dari pengujian fungsional dan pengujian *usability*, karena objek yang dinilai bukan keberfungsian sistem atau kemudahan penggunaan sistem secara umum, melainkan kualitas isi *output* interpretatif AI yang dibaca oleh peternak.

Validasi dilakukan dengan melibatkan dua peternak Murai Batu berpengalaman sebagai responden ahli domain. Pelibatan peternak berpengalaman didasarkan pada kebutuhan untuk memperoleh penilaian kontekstual dari ahli domain yang memahami praktik *breeding* Murai Batu, pola hasil *breeding*, serta pertimbangan praktis dalam menentukan tindak lanjut terhadap *pairing* indukan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip penilaian ahli yang digunakan untuk menilai relevansi dan kesesuaian isi berdasarkan kompetensi pihak yang memahami domain permasalahan. Polit dan Beck (2006) menjelaskan bahwa *Content Validity Index* merupakan salah satu pendekatan yang melibatkan ahli untuk menilai relevansi item terhadap aspek yang diukur. Namun, penelitian ini tidak menggunakan perhitungan *Content Validity Index* karena jumlah ahli domain yang terlibat terbatas dan tujuan validasi tidak diarahkan pada pengujian validitas isi secara statistik, melainkan pada penilaian kontekstual terhadap kualitas interpretasi AI.

Responden diminta membaca tiga sampel *output* interpretatif AI yang mewakili masing-masing kategori hasil evaluasi, yaitu lanjut, uji_coba, dan stop. Setiap sampel disertai data acuan sistem berupa informasi total *trip*, jumlah *trip* berhasil, jumlah *trip* gagal, *success rate*, total anakan, hasil *trip* terakhir, riwayat lima *trip* terakhir, kondisi perilaku indukan, serta kelengkapan data karakteristik anakan. Data acuan tersebut digunakan agar responden dapat menilai apakah uraian AI sesuai dengan data yang menjadi dasar evaluasi.

Penilaian dilakukan menggunakan rubrik kualitatif tiga tingkat, yaitu sesuai, cukup sesuai, dan perlu perbaikan. Penggunaan rubrik didasarkan pada konsep penilaian berbasis kriteria, yaitu penilaian terhadap suatu *output* berdasarkan kriteria tertentu dan tingkat kualitas yang telah ditetapkan. Menurut Brookhart (2018), rubrik yang baik perlu memuat kriteria yang sesuai dengan tujuan penilaian serta deskripsi tingkat kualitas untuk setiap kriteria. Selain itu, rubrik dapat digunakan untuk memperjelas aspek yang dinilai dan tingkat capaian kualitas dari suatu *output* (Reddy & Andrade, 2010).

Instrumen validasi disusun dalam bentuk lembar penilaian yang memuat data acuan sistem, sampel output interpretatif AI, kategori penilaian, serta catatan responden. Data acuan sistem digunakan sebagai dasar pembandingan terhadap narasi AI yang dinilai, sedangkan kategori penilaian digunakan untuk menunjukkan tingkat kesesuaian narasi AI terhadap dimensi validasi yang telah ditentukan. Selain memberikan kategori penilaian, responden

juga dapat memberikan catatan sebagai masukan kualitatif terhadap uraian AI yang ditampilkan. Catatan tersebut digunakan sebagai bahan pendukung dalam menyusun temuan utama pada hasil validasi.

Secara metodologis, instrumen ini digunakan untuk memperoleh penilaian kontekstual terhadap kualitas *output* interpretatif AI, sehingga tidak diposisikan sebagai instrumen psikometrik untuk mengukur konstruk laten tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini tidak melakukan uji reliabilitas statistik seperti *Cronbach's Alpha*. Validasi yang dilakukan berfokus pada penilaian ahli domain terhadap kelayakan isi *output* AI berdasarkan rubrik kualitatif yang telah ditentukan. Dengan pendekatan tersebut, instrumen digunakan untuk menilai kesesuaian, keterpahaman, relevansi, dan batasan peran AI sebagai pendukung interpretasi.

Kategori sesuai menunjukkan bahwa narasi AI telah memenuhi dimensi yang dinilai dan tidak memerlukan perbaikan substansial. Kategori cukup sesuai menunjukkan bahwa narasi AI secara umum telah memenuhi dimensi yang dinilai, tetapi masih terdapat bagian yang perlu diperjelas, diringkas, atau disesuaikan. Kategori perlu perbaikan menunjukkan bahwa narasi AI masih mengandung bagian yang kurang tepat, membingungkan, terlalu menyimpulkan, atau keluar dari batas peran AI sebagai pendukung interpretasi.

Dimensi penilaian yang digunakan dalam validasi kualitas interpretasi AI disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Dimensi Validasi Kualitas Interpretasi AI

No	Dimensi Penilaian	Fokus Penilaian
1	Kesesuaian penjelasan AI dengan data acuan	Menilai apakah uraian AI sesuai dengan data acuan yang ditampilkan, seperti total <i>trip</i> , jumlah keberhasilan, jumlah kegagalan, jumlah anakan, <i>success rate</i> , dan hasil <i>trip</i> terakhir.
2	Ketepatan penjelasan terhadap kondisi pasangan indukan	Menilai apakah AI mampu menjelaskan kondisi pasangan indukan berdasarkan riwayat <i>breeding</i> yang ditampilkan.
3	Keterbacaan dan keterpahaman narasi	Menilai apakah uraian AI mudah dibaca dan mudah dipahami oleh peternak.
4	Relevansi saran atau catatan manajerial	Menilai apakah saran atau catatan yang diberikan AI relevan dengan praktik <i>breeding</i> Murai Batu.
5	Batasan peran AI sebagai bahan pertimbangan	Menilai apakah AI tetap dipahami sebagai penjelasan pendukung dan tidak memberikan kesan sebagai keputusan mutlak yang harus diikuti peternak.

Hasil validasi dianalisis secara deskriptif berdasarkan penilaian dan catatan yang diberikan responden. Analisis difokuskan pada kecenderungan penilaian terhadap setiap sampel *output* AI, catatan perbaikan yang diberikan peternak, serta kesesuaian hasil validasi

dengan posisi AI sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan. Validasi ini digunakan untuk memperkuat pembahasan bahwa AI dalam sistem berfungsi sebagai pendukung pemahaman terhadap hasil evaluasi *pairing* indukan, bukan sebagai pengambil keputusan otomatis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi

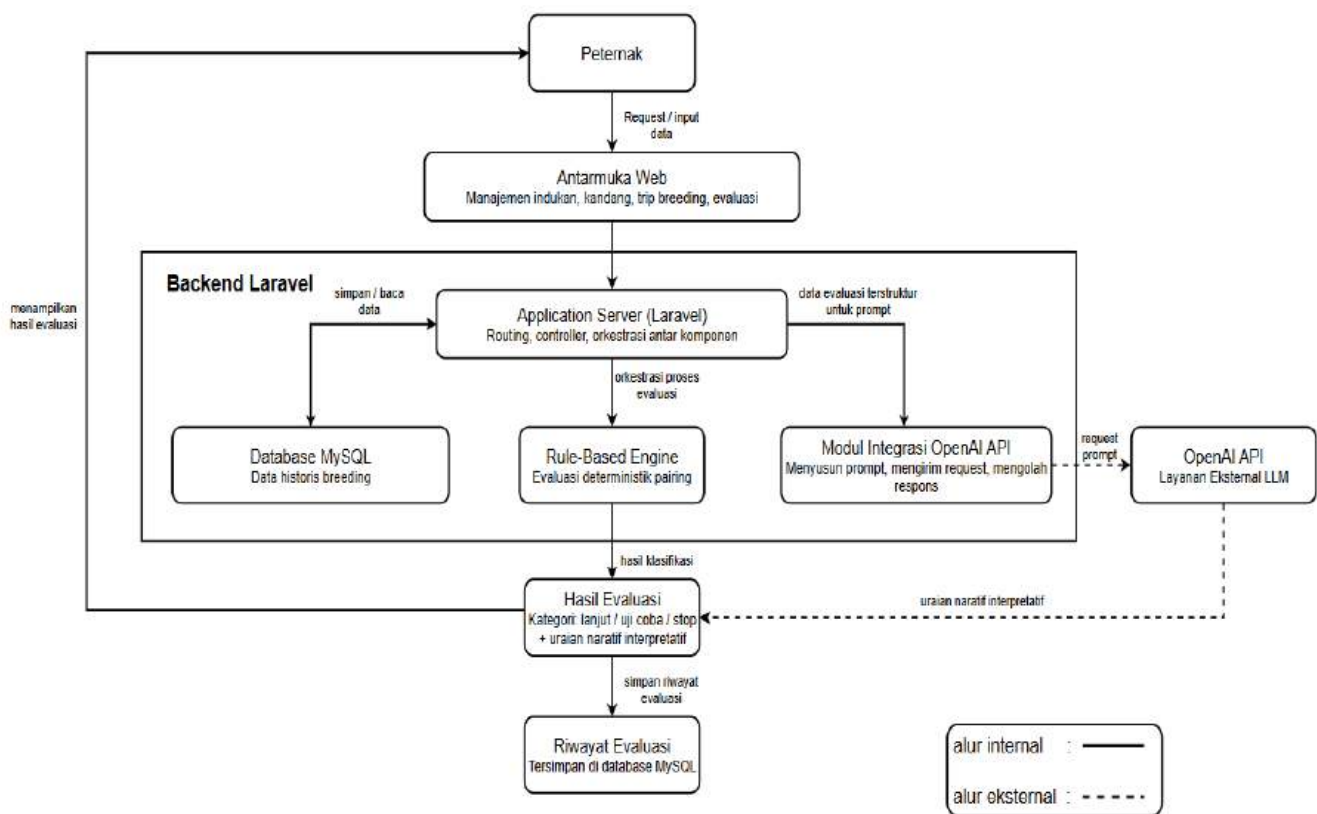
Sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu pada penelitian ini telah berhasil diimplementasikan dalam bentuk sistem berbasis web. Sistem yang dikembangkan dirancang untuk mendukung proses pencatatan dan pengelolaan data *breeding* secara terstruktur dan berkelanjutan, yang mencakup data indukan, kandang, *trip breeding*, anakan, serta hasil evaluasi pada setiap periode. Pengelolaan data tersebut membentuk data historis *breeding* yang dapat ditelusuri lintas waktu dan dimanfaatkan dalam proses evaluasi *pairing* indukan.

4.1.1 Arsitektur Implementasi Sistem

Arsitektur implementasi sistem menggambarkan hubungan antar komponen utama yang membentuk Sistem Informasi Manajemen *breeding* Burung Murai Batu berbasis web. Sistem ini diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework* Laravel sebagai *backend*, serta MySQL sebagai basis data untuk menyimpan data pengguna, indukan, kandang, *trip breeding*, anakan, hasil evaluasi, dan riwayat evaluasi *breeding*. Implementasi dan pengujian sistem dilakukan pada lingkungan server pengembangan yang menjalankan aplikasi Laravel, koneksi basis data MySQL, serta integrasi layanan eksternal OpenAI API. Sistem ini terdiri dari antarmuka pengguna berbasis web, *backend* Laravel, basis data MySQL, mekanisme evaluasi deterministik, serta integrasi OpenAI API sebagai lapisan interpretatif untuk menyusun uraian hasil evaluasi. Diagram arsitektur sistem ditampilkan untuk memperjelas alur data dan posisi setiap komponen dalam proses evaluasi *breeding*.

Pada sistem ini, peternak berinteraksi dengan antarmuka web untuk mengelola data indukan, kandang, *trip breeding*, anakan, dan hasil evaluasi. Permintaan dari pengguna diproses melalui *backend* Laravel yang berperan sebagai penghubung antara antarmuka, basis data, mekanisme evaluasi deterministik, dan layanan AI. Data *breeding* yang tersimpan pada MySQL digunakan sebagai data historis dalam proses evaluasi *pairing* indukan. Selanjutnya, mekanisme evaluasi deterministik menghitung indikator evaluasi berbasis data historis dan menghasilkan kategori evaluasi berupa *uji_coba*, *stop*, atau *lanjut*.

Hasil evaluasi deterministik digunakan oleh *backend* Laravel sebagai data evaluasi terstruktur untuk penyusunan *prompt* melalui modul integrasi OpenAI API. Dalam arsitektur ini, OpenAI API tidak berperan sebagai penentu keputusan utama, melainkan sebagai komponen pendukung interpretasi terhadap hasil evaluasi yang telah dihitung oleh sistem. Hasil akhir berupa kategori evaluasi, indikator pendukung, dan uraian interpretatif ditampilkan kembali kepada pengguna melalui antarmuka web serta dapat disimpan sebagai riwayat evaluasi *breeding*. Arsitektur implementasi sistem yang menggambarkan hubungan antara komponen antarmuka web, logika sistem, basis data, dan layanan OpenAI API ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Arsitektur Implementasi Sistem

4.1.2 Implementasi Mekanisme Evaluasi Deterministik

Mekanisme evaluasi deterministik yang telah dirancang pada Bab III direalisasikan dalam sistem melalui fungsi `tentukanRekomendasiSistem()`. Nama fungsi ini merujuk pada bentuk keluaran yang disajikan kepada pengguna dalam bentuk rekomendasi, meskipun secara teknis fungsi ini menghasilkan hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara deterministik berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis.

Fungsi ini berperan sebagai *rule engine* yang menghitung indikator evaluasi berbasis data historis dan menghasilkan hasil evaluasi yang diklasifikasikan ke dalam kategori berupa `stop`, `uji_coba`, atau `lanjut`.

Implementasi mekanisme tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut.

```
private function tentukanRekomendasiSistem($perkawinanPasangan): string
{
    // =====
    // TAHAP 1: VALIDASI DATA HISTORIS
    // =====

    $totaltrip = $perkawinanPasangan->count();

    // Validasi defensif: tidak ada data
    if ($totaltrip === 0) {
        return 'uji_coba';
    }

    // Minimum Sample Rule (T < 3)
    if ($totaltrip < 3) {
        return 'uji_coba';
    }

    // =====
    // TAHAP 2: DETEKSI KEGAGALAN BERUNTUN (HARD STOP)
    // =====

    $sorted = $perkawinanPasangan
        ->sortByDesc('tanggal_kawin')
        ->values();

    $streakGagal = 0;

    foreach ($sorted as $trip) {
        if ($trip->status === 'gagal') {
            $streakGagal++;
            if ($streakGagal >= 3) {
                return 'stop';
            }
        } else {
            break;
        }
    }
}
```

```

// =====
// TAHAP 3: PERHITUNGAN SUCCESS RATE HISTORIS (SR20)
// =====

$window20 = $sorted->take(min(20, $totaltrip));
$total20 = $window20->count();
$berhasil20 = $window20->where('status', '!=', 'gagal')->count();

$successRate20 = $total20 > 0
    ? $berhasil20 / $total20
    : 0;

// =====
// TAHAP 4: PERHITUNGAN SUCCESS RATE JANGKA PENDEK (SR5)
// =====

$window5 = $sorted->take(min(5, $totaltrip));
$total5 = $window5->count();
$berhasil5 = $window5->where('status', '!=', 'gagal')->count();

$successRate5 = $total5 > 0
    ? $berhasil5 / $total5
    : 0;

// =====
// TAHAP 5: PERHITUNGAN INDIKATOR TREN ( $\Delta$ )
// =====

$delta = $successRate5 - $successRate20;

// =====
// TAHAP 6: KLASIFIKASI REKOMENDASI AKHIR
// =====

if ($successRate20 < 0.40 || $delta <= -0.30) {
    return 'stop';
}

if ($successRate20 < 0.70 || $delta <= -0.15) {
    return 'uji_coba';
}

return 'lanjut';
}

```

Gambar 4.2 Kode Program Mekanisme Evaluasi Deterministik

Fungsi diawali dengan menghitung jumlah *trip breeding* yang tersedia untuk *pairing* indukan yang dianalisis. Apabila jumlah data belum memadai, sistem langsung mengembalikan kategori hasil evaluasi tanpa melanjutkan proses evaluasi lanjutan. Data *trip* kemudian diurutkan berdasarkan tanggal terbaru agar analisis dilakukan secara kronologis. Pemeriksaan kegagalan beruntun dilakukan pada tahap awal terhadap data yang telah

diurutkan tersebut, sehingga apabila ditemukan tiga kegagalan berturut-turut pada periode terbaru, sistem segera mengklasifikasikan evaluasi ke dalam kategori stop dan menghentikan proses perhitungan berikutnya.

Apabila tidak ditemukan kondisi penghentian langsung, sistem melanjutkan dengan menghitung tingkat keberhasilan pada dua rentang data, yaitu rentang historis (SR_{20}) dan rentang terkini (SR_5) sebagaimana telah dirumuskan pada Bab III. selisih antara keduanya yang direpresentasikan sebagai indikator tren (Δ) digunakan untuk menilai arah perubahan performa. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, sistem mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori stop apabila terdeteksi performa rendah atau penurunan signifikan, uji_coba apabila performa belum stabil atau menunjukkan fluktuasi, dan lanjut apabila tidak terdapat indikasi ketidakstabilan yang berarti. Dengan alur ini, hasil evaluasi diklasifikasikan secara terstruktur dan konsisten sesuai kondisi data yang tersedia.

Implementasi mekanisme evaluasi deterministik pada fungsi tersebut menunjukkan bahwa model evaluasi yang dirancang pada Bab III dapat direalisasikan secara operasional dalam sistem tanpa mengalami perubahan logika. Setiap tahapan evaluasi, mulai dari validasi data historis, deteksi kegagalan beruntun, perhitungan indikator keberhasilan, hingga klasifikasi kategori hasil evaluasi, diimplementasikan secara konsisten sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan evaluasi yang terstruktur, konsisten, dan dapat ditelusuri berdasarkan data historis *breeding* yang digunakan. Dengan demikian, mekanisme yang dikembangkan memenuhi karakteristik sistem pendukung keputusan, yaitu menyediakan dasar evaluasi yang transparan dan berbasis data tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama. Mekanisme ini juga menunjukkan bahwa proses evaluasi *pairing* indukan yang sebelumnya dilakukan secara subjektif dapat direpresentasikan dalam bentuk aturan yang terstruktur berbasis data historis, sehingga menghasilkan evaluasi yang lebih konsisten untuk kondisi data yang sama.

4.1.3 Implementasi Komponen LLM

Integrasi komponen LLM dalam sistem direalisasikan setelah mekanisme evaluasi deterministik menghasilkan hasil evaluasi yang diklasifikasikan ke dalam kategori hasil evaluasi. Proses ini berlangsung pada tahap analisis *pairing* indukan, dengan sistem terlebih dahulu menghitung indikator evaluasi dan mengklasifikasikan hasil evaluasi melalui *rule*

engine. Hasil evaluasi tersebut kemudian digunakan sebagai konteks tetap dalam penyusunan uraian interpretatif oleh komponen LLM.

Dalam alur eksekusi sistem, komponen LLM tidak berperan dalam proses perhitungan indikator maupun penetapan klasifikasi hasil evaluasi. Komponen LLM hanya dipanggil untuk menyusun narasi evaluatif berdasarkan ringkasan data historis dan hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan sistem. Dengan posisi ini, integrasi LLM berada pada lapisan interpretatif yang bekerja setelah proses komputasi utama selesai, sehingga tidak memengaruhi hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh mekanisme deterministik.

Penyusunan *Prompt* Terstruktur

Penyusunan *prompt* dilakukan melalui fungsi `generatePrompt()` yang membangun instruksi analisis secara dinamis berdasarkan data *pairing* indukan yang dipilih. *Prompt* disusun dengan menggabungkan berbagai komponen data yang telah dihitung sistem, antara lain ringkasan jumlah *trip breeding* pada *pairing* indukan yang di analisis, tingkat keberhasilan *pairing* indukan, ringkasan lima *trip* terakhir, riwayat produksi masing-masing indukan dengan *pairing* lain sebagai konteks pembanding, fase produksi indukan (maksimal tiga fase terbaru), indikator perilaku jantan dan betina, serta hasil evaluasi yang diklasifikasikan ke dalam kategori hasil evaluasi oleh *rule engine*. Seluruh komponen tersebut diformulasikan dalam satu struktur laporan tersegmentasi agar model menghasilkan keluaran yang sistematis, konsisten, dan berbasis data historis. Seluruh data yang digunakan dalam penyusunan *prompt* difokuskan pada *pairing* indukan yang sedang dievaluasi, sehingga interpretasi yang dihasilkan bersifat spesifik terhadap objek evaluasi dan tidak mencampur data dari *pairing* lain di luar konteks analisis.

Dalam implementasinya, penyusunan *prompt* menerapkan pendekatan *constrained generation*, yaitu mekanisme pembatasan proses generasi keluaran model melalui struktur laporan, aturan analisis, dan konteks data yang telah ditentukan sistem. Dengan pendekatan ini, model diarahkan untuk hanya melakukan interpretasi terhadap hasil evaluasi yang telah dihitung sistem, tanpa menambahkan informasi di luar konteks atau mengubah hasil klasifikasi yang telah ditetapkan secara deterministik.

Struktur *prompt* dibagi ke dalam sembilan bagian utama (A–I) yang masing-masing memiliki fungsi analitis tertentu, yaitu:

- a. Ringkasan Singkat Indukan – Penyajian identitas indukan jantan dan betina beserta indikator perilaku aktual yang tercatat dalam sistem. Bagian ini bersifat faktual dan tidak mengandung interpretasi tambahan dari model.
- b. Evaluasi Kecocokan Jantan dan Betina – Penilaian kesiapan reproduksi berdasarkan aturan perilaku yang telah ditetapkan sistem. Evaluasi dilakukan secara deterministik berdasarkan kombinasi indikator yang bernilai Ya atau Tidak.
- c. Evaluasi Riwayat *Breeding* Pada *Pairing* Indukan dan Interpretasi Manajerial – Analisis jumlah *trip breeding* pada *pairing* indukan, tingkat keberhasilan, konsistensi hasil, serta kecenderungan performa pasangan aktif. Bagian ini menjadi dasar evaluasi berbasis data historis.
- d. Evaluasi Kesiapan Produksi Berdasarkan Perilaku – Pengaitan antara indikator perilaku aktual dengan kesiapan operasional *pairing* pada praktik *breeding*, untuk memastikan konsistensi antara kondisi historis dan kondisi terkini.
- e. Risiko dan Catatan Manajemen – Identifikasi potensi risiko manajerial berdasarkan riwayat *breeding* dan indikator perilaku, tanpa melakukan prediksi biologis atau genetika.
- f. Rekomendasi Akhir Sistem – Penyajian hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan oleh mekanisme deterministik ke dalam bentuk rekomendasi. Rekomendasi tersebut merupakan representasi naratif dari hasil evaluasi yang dihasilkan sistem, sehingga model diwajibkan menggunakan hasil evaluasi sebagai dasar dan tidak diperkenankan mengubah klasifikasi yang telah ditentukan.
- g. Rekomendasi Tindakan Praktis – Penyusunan langkah manajerial dalam bentuk rekomendasi yang disajikan secara interpretatif dengan mempertimbangkan indikator perilaku, tren historis, serta konteks fase produksi indukan, tanpa menghasilkan keputusan baru di luar hasil evaluasi yang telah ditentukan sistem.
- h. Potensi Tantangan Awal – Penjelasan mengenai kemungkinan kendala operasional berdasarkan indikator yang belum terpenuhi, sebagai bagian dari pendekatan preventif.
- i. Early Warning – Kondisi Stop *Pairing* – Penetapan batasan kondisi penghentian *pairing* secara sementara berdasarkan indikator risiko yang teridentifikasi.

Di dalam *prompt* juga ditanamkan batasan eksplisit, seperti larangan melakukan prediksi biologis atau genetika, kewajiban menggunakan data sistem apa adanya, serta

kewajiban mempertahankan klasifikasi kategori hasil evaluasi yang telah ditentukan mekanisme deterministik. Dengan struktur dan pembatasan tersebut, model diposisikan sebagai penyusun laporan interpretatif berbasis data historis *pairing* indukan dalam kerangka sistem pendukung keputusan, bukan sebagai pengambil keputusan baru.

Prompt lengkap yang digunakan dalam proses interpretasi evaluasi *pairing* indukan tidak ditampilkan seluruhnya pada bagian utama laporan karena memiliki struktur yang cukup panjang dan terdiri dari sembilan bagian utama. Oleh karena itu, *template prompt* lengkap dicantumkan pada Lampiran 2 agar rancangan *prompt* dapat ditelusuri secara utuh tanpa mengganggu alur pembahasan implementasi sistem.

Pemanggilan OpenAI API

Pemanggilan layanan kecerdasan buatan dilakukan setelah sistem menyusun *prompt* terstruktur dan memperoleh hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan ke dalam kategori hasil evaluasi oleh mekanisme deterministik. Integrasi dilakukan menggunakan *library* OpenAI untuk PHP dengan metode `chat()->create()`, sehingga komunikasi dengan model berlangsung melalui skema percakapan berbasis peran (*role-based messaging*). Dalam implementasinya, sistem mengirim dua jenis pesan utama, yaitu pesan sistem yang menetapkan peran model sebagai komponen interpretatif dalam sistem pendukung keputusan evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding* burung Murai Batu berbasis analisis manajerial, serta pesan user yang berisi *prompt* terstruktur hasil konstruksi fungsi `generatePrompt()`. Pemanggilan model dilakukan setelah seluruh proses evaluasi *pairing* indukan diselesaikan oleh mekanisme deterministik, sehingga model tidak memiliki pengaruh terhadap perhitungan indikator maupun penetapan klasifikasi kategori hasil evaluasi.

Model yang digunakan adalah gpt-4o-mini, yang dikonfigurasi melalui variabel `OPENAI_MODEL` untuk menjaga fleksibilitas konfigurasi. Parameter temperature ditetapkan pada nilai 0,2 guna mengurangi variasi keluaran dan menjaga konsistensi struktur laporan. Nilai temperatur yang rendah dipilih karena sistem tidak memerlukan kreativitas naratif, melainkan konsistensi, stabilitas format, dan kepatuhan terhadap batasan analitis yang telah ditentukan dalam *prompt*. Implementasi pemanggilan API ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.

```
$client = OpenAI::client(env('OPENAI_API_KEY'));
```

```

$response = $client->chat()->create([
    'model' => env('OPENAI_MODEL', 'gpt-4o-mini'),
    'messages' => [
        ['role' => 'system', 'content' => 'Anda adalah sistem SPK breeding
Murai Batu berbasis analisis manajerial'],
        ['role' => 'user', 'content' => $prompt]
    ],
    'temperature' => 0.2,
]);

$hasilAnalisa = $response->choices[0]->message->content;

```

Gambar 4.3 Kode Program Pemanggilan OpenAI API

Dengan skema ini, model hanya menerima hasil evaluasi *pairing* indukan sebagai *input* dan menghasilkan interpretasi naratif tanpa mengubah nilai kategori hasil evaluasi yang telah ditentukan oleh sistem. Melalui konfigurasi parameter yang terkontrol dan penggunaan model yang ditetapkan secara eksplisit, integrasi OpenAI API dalam sistem ini dirancang untuk menjaga konsistensi keluaran dan stabilitas operasional, tanpa mengubah mekanisme evaluasi deterministik yang menjadi inti sistem pendukung keputusan berbasis indikator historis untuk evaluasi *pairing* indukan.

Mekanisme *Fallback*

Untuk menjaga keberlangsungan layanan analisis evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding*, sistem menerapkan mekanisme *fallback* sebagai pengaman apabila terjadi kegagalan pada proses pemanggilan OpenAI API. Kegagalan tersebut dapat disebabkan oleh batas penggunaan (*rate limit*), gangguan koneksi jaringan, maupun kesalahan teknis lainnya pada layanan eksternal. Dalam kondisi tersebut, sistem tidak menghentikan proses analisis, melainkan secara otomatis mengalihkan eksekusi ke mode darurat sehingga fitur tetap dapat digunakan oleh peternak.

Secara implementatif, proses pemanggilan API dibungkus dalam struktur *try-catch*. Apabila terjadi *exception*, sistem akan memanggil fungsi `fallbackAnalisa()` untuk menghasilkan laporan analisis sederhana berbasis hasil evaluasi *pairing* indukan tanpa pemrosesan AI. Mekanisme ini memastikan evaluasi *pairing* indukan yang telah dihitung secara deterministik tetap tersedia meskipun komponen LLM tidak dapat diakses.

Potongan implementasi mekanisme *fallback* ditunjukkan pada Gambar 4.4 berikut:

```

catch (\OpenAI\Exceptions\RateLimitException $e) {

```

```

        $hasilAnalisa      =      $this->fallbackAnalisa($jantan,      $betina,
$rekomendasiSistem);
    } catch (\Exception $e) {
        $hasilAnalisa      =      $this->fallbackAnalisa($jantan,      $betina,
$rekomendasiSistem);
    }

```

Gambar 4.4 Kode Program Mekanisme *Fallback*

Implementasi fungsi *fallback* yang menghasilkan laporan ringkas berbasis data identitas indukan dan arahan manajerial dasar ditunjukkan pada Gambar 4.5.

```

private function fallbackAnalisa($jantan, $betina, $rekomendasiSistem)
{
    return "# Laporan Analisis pairing Indukan (Fallback Mode)

A. Ringkasan Singkat
- Jantan: {$jantan->nomor_ring} ({$jantan->nama})
- Betina: {$betina->nomor_ring} ({$betina->nama})

B. Rekomendasi Sistem (Berbasis Evaluasi Deterministik)
REKOMENDASI: {$rekomendasiSistem}

C. Catatan
Komponen AI tidak dapat diakses.
Rekomendasi di atas sepenuhnya dihasilkan oleh mekanisme evaluasi berbasis
aturan deterministik.";
}

```

Gambar 4.5 Kode Program Laporan Ringkas *Fallback*

Laporan *fallback* hanya menyajikan hasil evaluasi *pairing* indukan yang telah ditentukan oleh sistem tanpa melakukan interpretasi tambahan berbasis kecerdasan buatan. Dengan pendekatan ini, komponen LLM tidak menjadi *single point of failure* dalam arsitektur sistem. Evaluasi *pairing* indukan berbasis aturan tetap berjalan secara konsisten, sementara komponen LLM diposisikan sebagai lapisan interpretatif tambahan yang meningkatkan kualitas penjelasan tanpa menentukan keberlangsungan fungsi sistem.

Implementasi integrasi LLM dalam penelitian ini menunjukkan bahwa komponen LLM berperan dalam meningkatkan keterpahaman hasil evaluasi *pairing* indukan dengan menyusun laporan interpretatif berbasis data historis dan hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh sistem.

Meskipun demikian, seluruh proses evaluasi dan klasifikasi hasil evaluasi tetap dilakukan melalui mekanisme deterministik berbasis aturan. Dengan begitu, peran LLM dibatasi pada penyajian interpretasi dalam sistem pendukung keputusan, bukan sebagai

penentu hasil evaluasi. Pendekatan ini memastikan bahwa proses pengambilan keputusan tetap berada pada pengguna, sementara sistem menyediakan informasi yang lebih terstruktur dan mudah dipahami sebagai dasar pertimbangan.

4.1.4 Implementasi Antarmuka Sistem

Tampilan *Dashboard* Sistem

Dashboard sistem merupakan halaman awal yang ditampilkan setelah peternak berhasil masuk ke dalam sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu. Halaman ini menyajikan ringkasan kondisi data *breeding*, seperti jumlah kandang, jumlah indukan, jumlah anakan, serta status proses *breeding* yang sedang berlangsung.

Penyajian *dashboard* tidak ditujukan untuk melakukan analisis *breeding* secara langsung, melainkan memberikan gambaran umum aktivitas *breeding* yang telah tercatat serta memudahkan peternak dalam mengakses fitur utama sistem sebelum melakukan evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis sebagai bagian dari evaluasi *breeding*. Dengan demikian, *dashboard* berperan sebagai titik awal dalam memahami kondisi data historis yang menjadi dasar dalam proses evaluasi *pairing* indukan pada sistem pendukung keputusan. Tampilan halaman *dashboard* yang menjadi titik awal akses pengguna terhadap fitur utama sistem ditunjukkan pada Gambar 4.6.

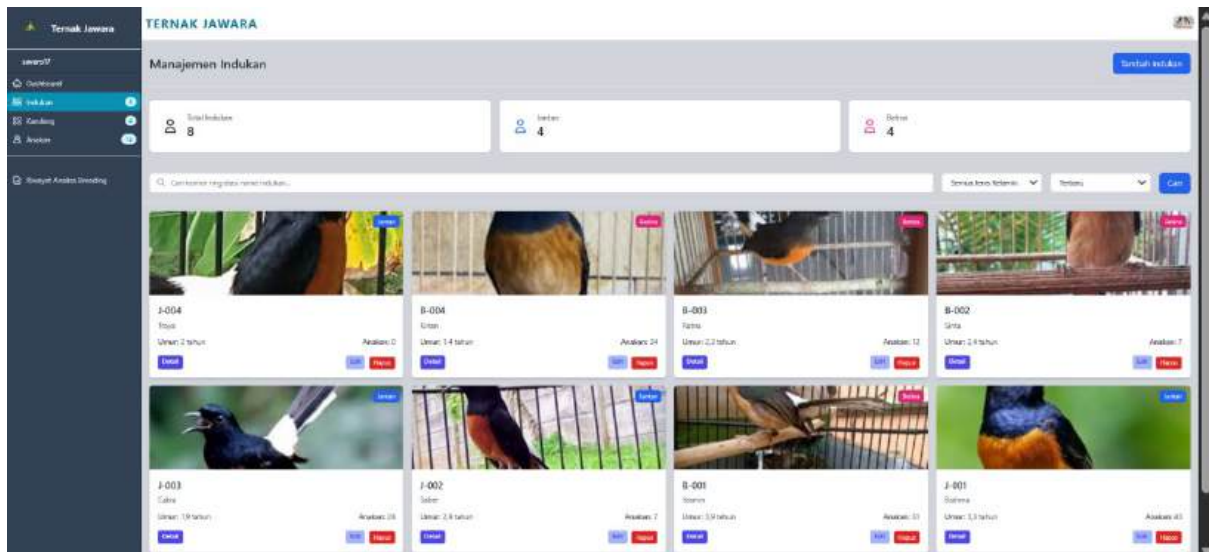


Gambar 4.6 Halaman *Dashboard*

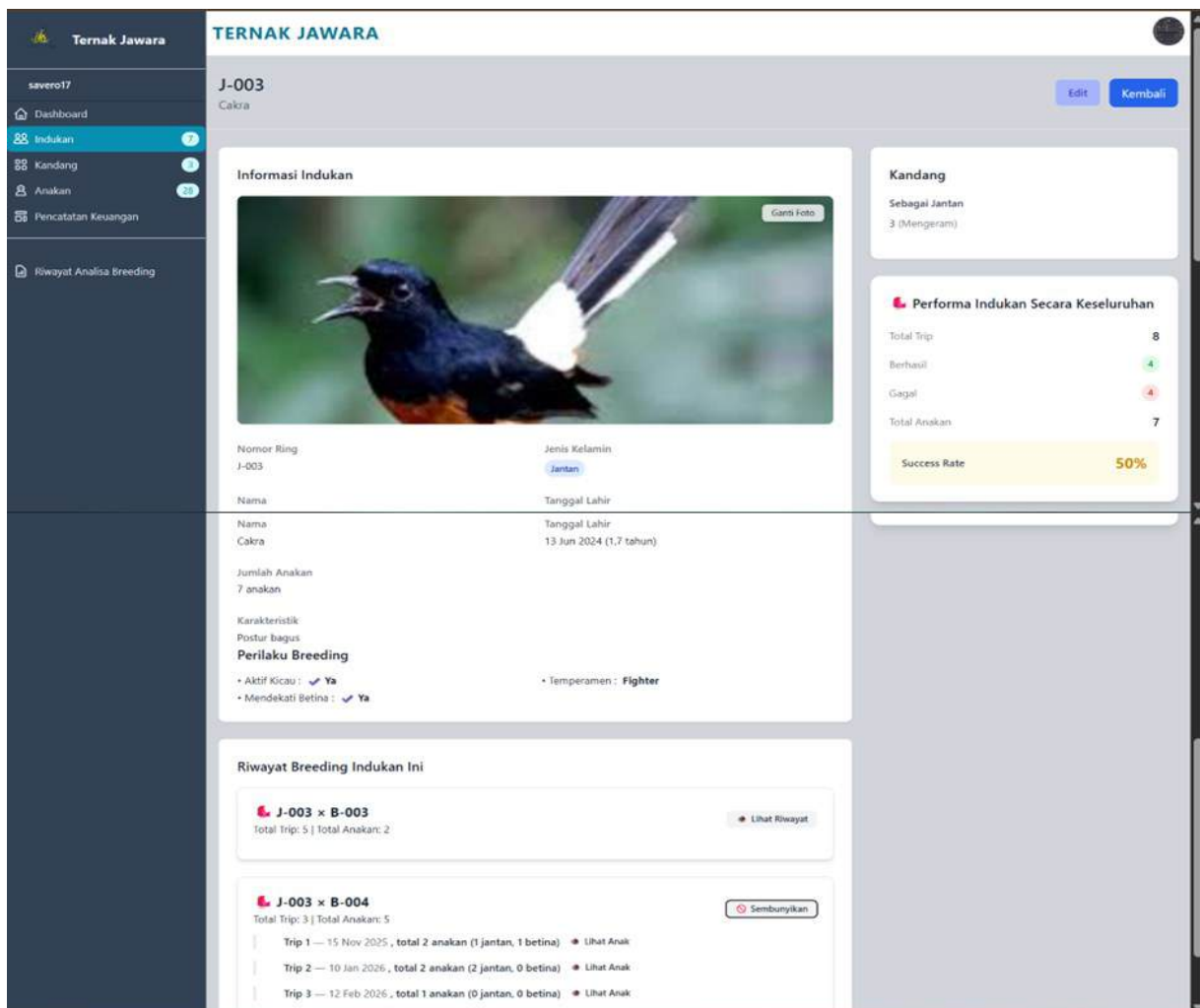
Tampilan Pengelolaan dan Detail Data Indukan

Tampilan pengelolaan data indukan digunakan untuk mencatat dan menampilkan daftar indukan burung Murai Batu yang terdaftar dalam sistem. Informasi yang ditampilkan meliputi identitas indukan, jenis kelamin, serta umur yang digunakan sebagai dasar dalam pembentukan *pairing* indukan.

Selain itu, sistem menyediakan tampilan detail indukan yang menyajikan informasi secara lebih spesifik, termasuk keterlibatan indukan dalam *pairing* serta riwayat *breeding* lintas periode. Melalui tampilan ini, keterkaitan antara indukan, kandang, dan hasil *breeding* dapat ditelusuri secara terstruktur sebagai dasar pembentukan data historis *breeding* yang digunakan dalam evaluasi *pairing* indukan. Dengan demikian, data indukan menjadi komponen utama dalam pembentukan *pairing* indukan sebagai objek evaluasi dalam sistem pendukung keputusan. Tampilan halaman manajemen indukan dan detail indukan yang digunakan untuk mengelola serta menelusuri informasi indukan ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Halaman Manajemen Indukan

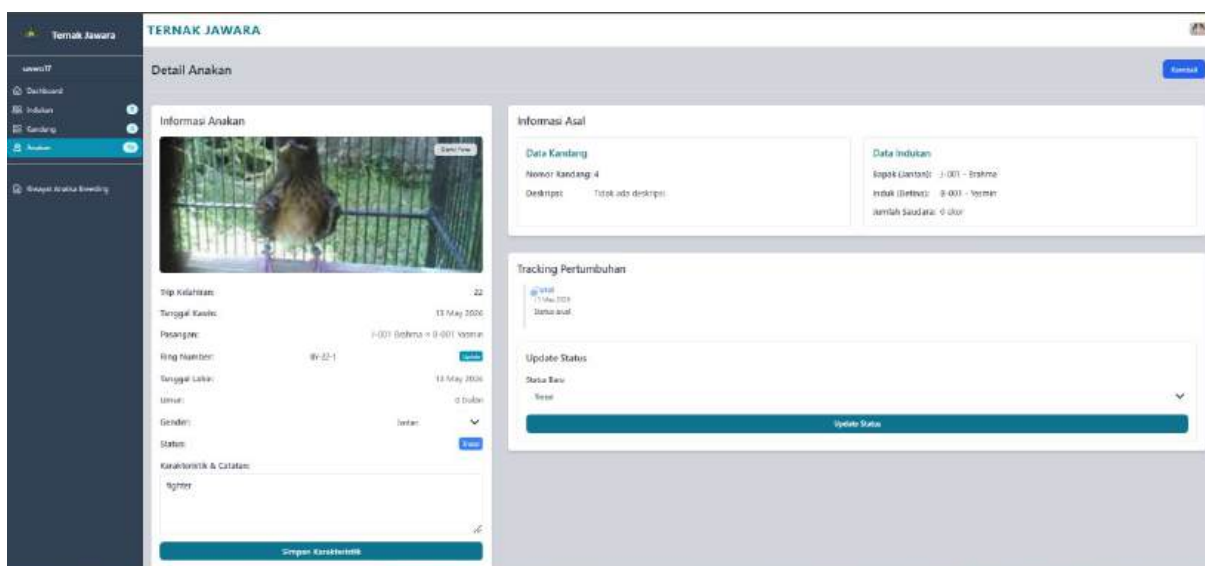


Gambar 4.8 Halaman Detail Indukan

Tampilan Detail Anakan

Tampilan detail anakan digunakan untuk menyajikan hasil *breeding* yang dihasilkan dari *pairing* indukan pada periode tertentu. Informasi yang ditampilkan meliputi identitas anakan, umur, status perkembangan, serta keterkaitannya dengan indukan jantan dan betina.

Melalui tampilan ini, setiap anakan dapat ditelusuri kembali ke *pairing* indukan dan periode *breeding* yang relevan, sehingga hasil *breeding* terdokumentasi secara terstruktur sebagai bagian dari data historis. Data anakan tersebut berperan sebagai indikator hasil reproduksi yang digunakan dalam perhitungan tingkat keberhasilan *breeding* pada proses evaluasi *pairing* indukan. Tampilan detail anakan yang menyajikan informasi hasil *breeding* dan keterkaitannya dengan *pairing* indukan ditunjukkan pada Gambar 4.9.



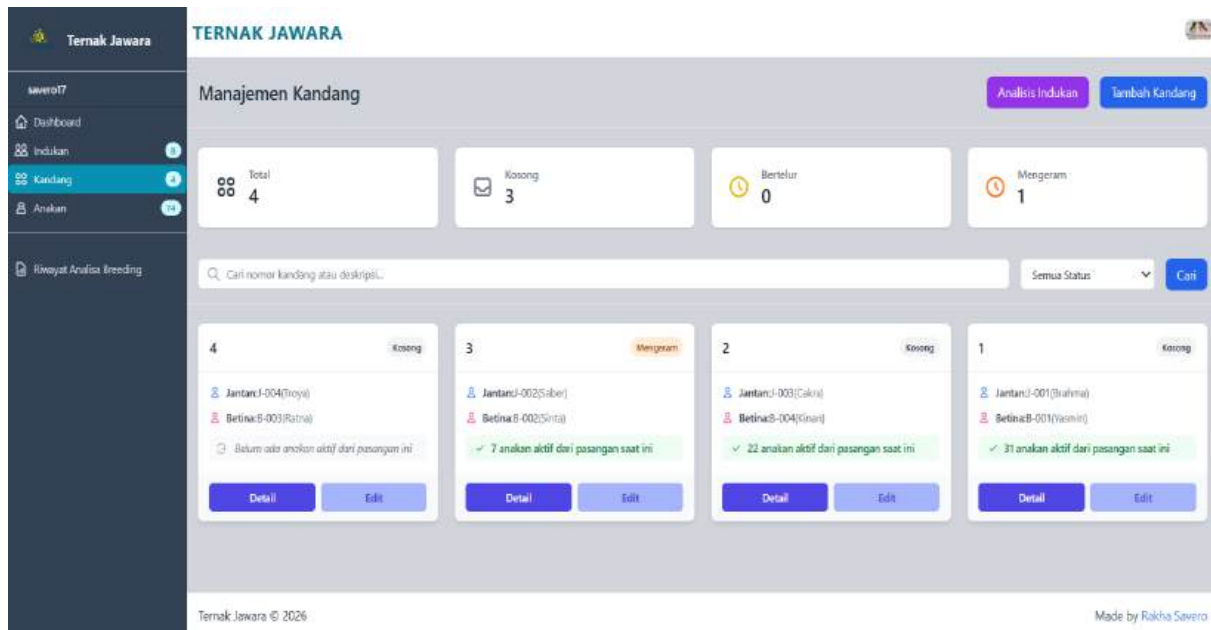
Gambar 4.9 Halaman Detail Anakan

Tampilan Pengelolaan dan Detail Data Kandang

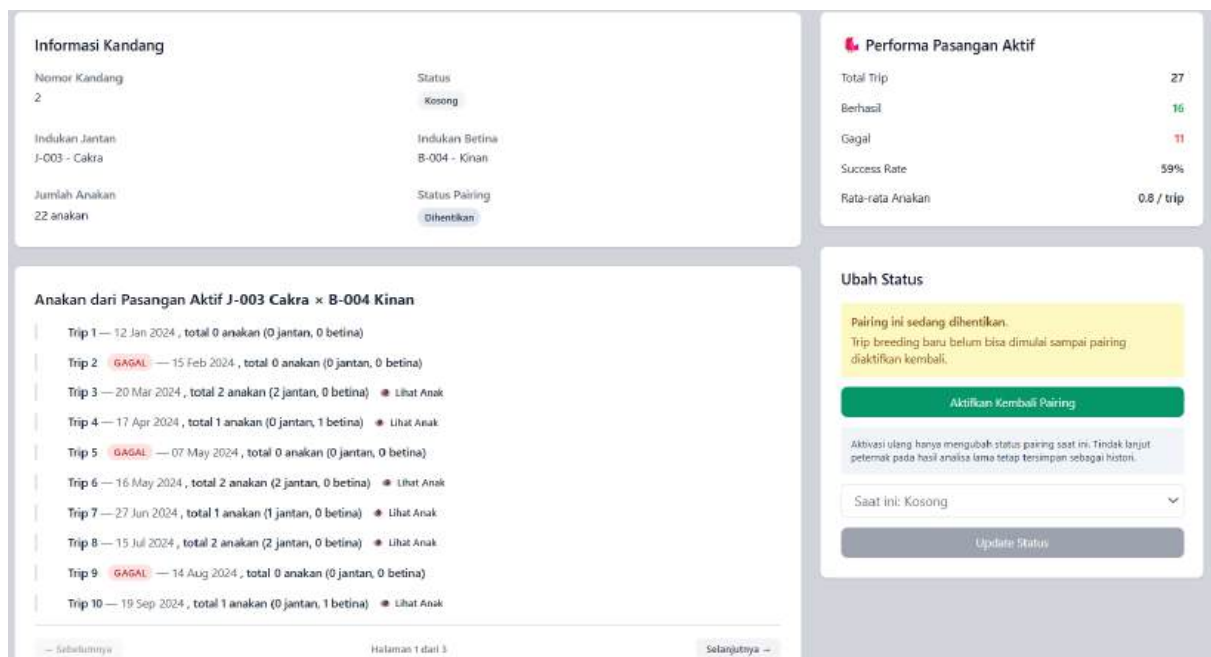
Tampilan pengelolaan kandang digunakan untuk menampilkan daftar kandang yang digunakan dalam aktivitas *breeding* burung Murai Batu. Pada tampilan ini disajikan informasi umum seperti identitas kandang, pasangan indukan yang ditempatkan, status *pairing*, serta status proses *breeding* yang sedang berlangsung. Penyajian informasi tersebut membantu peternak memahami kondisi operasional setiap kandang secara lebih jelas sebelum melakukan pencatatan proses *breeding*.

Dalam sistem yang dikembangkan, kandang diposisikan sebagai tempat pelaksanaan proses *breeding*, sedangkan *pairing* digunakan untuk merepresentasikan pasangan indukan jantan dan betina yang sedang dikelola. Sebelum peternak melanjutkan pencatatan proses *breeding*, sistem mengecek status *pairing* terlebih dahulu. Apabila *pairing* masih aktif, peternak dapat melanjutkan pencatatan proses *breeding*. Namun, apabila *pairing* berstatus dihentikan, sistem menampilkan informasi bahwa *pairing* tersebut sedang dihentikan dan menyediakan pilihan untuk mengaktifkan kembali *pairing* sebelum proses *breeding* dilanjutkan.

Selain pengelolaan kandang secara umum, sistem menyediakan tampilan detail kandang yang menyajikan informasi lebih rinci mengenai pasangan indukan, status *pairing*, status kandang, hasil *breeding*, serta riwayat *trip* pasangan yang pernah tercatat. Melalui tampilan ini, peternak dapat mencatat hasil *breeding* berupa berhasil atau gagal. Data hasil *breeding* tersebut kemudian disimpan sebagai histori *trip* pasangan dan digunakan sebagai bagian dari data historis dalam proses evaluasi *pairing* indukan. Dengan demikian, tampilan kandang tidak hanya berfungsi sebagai media pengelolaan kandang, tetapi juga sebagai bagian awal pembentukan data historis *breeding* yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan. Tampilan halaman manajemen kandang dan detail kandang yang digunakan untuk mengelola kandang, *pairing* indukan, serta pencatatan hasil *breeding* ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Halaman Manajemen Kandang



Gambar 4.11 Halaman Detail Kandang

Tampilan Pemilihan Data Evaluasi *Breeding*

Tampilan pemilihan data evaluasi *breeding* digunakan untuk menentukan *pairing* indukan yang akan dijadikan objek evaluasi. Peternak disajikan daftar pasangan indukan yang telah terbentuk dari data *pairing*, kemudian memilih pasangan yang akan dianalisis. Evaluasi

tidak berjalan secara otomatis terhadap seluruh data, melainkan dimulai berdasarkan pilihan peternak sebagai pengguna sistem.

Setelah *pairing* dipilih, sistem melakukan pengecekan terhadap kondisi evaluasi. Pengecekan ini mencakup status *pairing*, keberadaan hasil analisa sebelumnya, serta ada atau tidaknya perubahan data historis sejak analisa terakhir. Apabila kondisi evaluasi belum terpenuhi, sistem tidak membuat analisa baru dan menampilkan hasil analisa terakhir yang telah tersimpan. Sebaliknya, apabila kondisi evaluasi terpenuhi, sistem melanjutkan proses evaluasi dengan mengambil data historis *breeding* dari *pairing* tersebut.

Tampilan ini menunjukkan bahwa sistem menerapkan pendekatan *human-in-the-loop*, yaitu peternak tetap berperan dalam memilih objek evaluasi, sedangkan sistem membantu menilai apakah proses analisa baru perlu dilakukan berdasarkan kondisi data historis yang tersedia. Tampilan pemilihan data evaluasi *breeding* yang digunakan peternak untuk menentukan *pairing* indukan sebagai objek evaluasi ditunjukkan pada Gambar 4.12

Pilih Pasangan Indukan

Pairing yang dihentikan tidak akan membuat analisa baru. Sistem akan menampilkan hasil analisa terakhir jika tersedia.

Indukan Jantan

J-003 - Cakra

Indukan Betina

B-004 - Kinan

Proses Analisis

Gambar 4.12 Halaman Pemilihan Data Evaluasi *Breeding*

Tampilan Hasil Evaluasi *Breeding*

Tampilan hasil evaluasi *breeding* menyajikan keluaran analisis terhadap *pairing* indukan yang telah dipilih oleh peternak. Pada bagian awal halaman ditampilkan identitas indukan jantan dan betina, tanggal analisis, status *pairing*, serta hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara deterministik ke dalam kategori rekomendasi sistem. Rekomendasi tersebut diperoleh dari mekanisme evaluasi berbasis indikator data historis, sehingga hasil

klasifikasi tidak ditentukan oleh komponen kecerdasan buatan, melainkan oleh aturan evaluasi yang telah ditetapkan dalam sistem.

Pada proses evaluasi, sistem mengambil dan menyiapkan data historis *breeding* yang berkaitan dengan *pairing* indukan, seperti riwayat *trip* pasangan, hasil keberhasilan atau kegagalan, serta data anakan yang dihasilkan. Sistem juga menampilkan informasi kelengkapan data karakteristik anakan agar peternak dapat mengetahui sejauh mana data karakteristik yang tersedia dapat mendukung evaluasi. Informasi ini penting agar hasil evaluasi tidak dibaca sebagai kesimpulan mutlak apabila data karakteristik anakan belum lengkap.

Apabila tindak lanjut belum dipilih, sistem menampilkan pilihan tindak lanjut berupa lanjut, pantau, atau stop. Tindak lanjut yang dipilih disimpan sebagai histori keputusan terhadap hasil evaluasi dan hanya dapat dipilih satu kali. Jika peternak memilih lanjut atau pantau, status *pairing* tetap aktif sehingga pasangan indukan masih dapat digunakan untuk proses *breeding* berikutnya. Jika peternak memilih stop, sistem terlebih dahulu mencatat satu *trip breeding* dengan hasil gagal menggunakan tanggal saat tindak lanjut stop dipilih. Setelah histori *trip* gagal tersimpan, status *pairing* diubah menjadi dihentikan sehingga pasangan indukan tidak dapat digunakan untuk menambah *trip breeding* baru sebelum diaktifkan kembali. Mekanisme ini memastikan bahwa keputusan untuk tidak melanjutkan *pairing* tidak hanya tersimpan sebagai tindak lanjut evaluasi, tetapi juga memiliki rekam hasil akhir pada histori *breeding*.

Hasil evaluasi kemudian ditampilkan kepada peternak sebagai informasi pendukung keputusan. Peternak dapat membaca hasil evaluasi, memahami alasan rekomendasi, serta menjadikan informasi tersebut sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan tindak lanjut terhadap *pairing* indukan. Tindak lanjut tersebut berupa lanjut, pantau, atau stop yang dipilih pada halaman detail hasil evaluasi. Dengan demikian, tampilan hasil evaluasi *breeding* merepresentasikan fungsi sistem sebagai sistem pendukung keputusan berbasis data historis, sementara keputusan akhir tetap berada pada peternak. Tampilan hasil evaluasi *breeding* yang menyajikan rekomendasi sistem, uraian interpretatif, dan pilihan tindak lanjut terhadap *pairing* indukan ditunjukkan pada Gambar 4.13.

Data Indukan

Indukan Jantan
Ring: J-003
Nama: Cakra
Umur: 1,9 tahun

Indukan Betina
Ring: B-004
Nama: Kinan
Umur: 1,4 tahun

Hasil Analisa AI

Laporan Analisis Breeding Murai Batu

A. Ringkasan Singkat Indukan

Jantan: J-003 (Cakra)

Perilaku jantan:

Aktif Kicau: Ya

Mendekati Betina: Ya

Temperamen: fighter

Betina: B-004 (Kinan)

Perilaku betina:

Nafsu Makan Meningkat: Ya

Aktif Membuat Sarang: Ya

Temperamen: sedang

B. Evaluasi Kecocokan Jantan × Betina

Kesiapan jantan:

Indikator kesiapan jantan terpenuhi.

Kesiapan betina:

Indikator kesiapan betina terpenuhi.

Catatan: Evaluasi ini berbasis aturan perilaku yang telah ditetapkan sistem dan bukan prediksi hasil breeding.

C. Evaluasi Riwayat Breeding & Interpretasi Manajerial

1. Konteks Riwayat Produksi Individu Indukan

Riwayat pasangan ini:

Pasangan ini telah menghasilkan 22 anakan.

2. Riwayat perkawinan pasangan:

Total trip: 28

Trip berhasil: 16

Trip gagal: 12

Tingkat keberhasilan (success rate): 57%

Perkawinan terakhir:

Tanggal kawin: 2026-11-11

Status: GAGAL

Kondisi risiko yang memerlukan evaluasi segera terlihat pada trip terakhir yang berstatus GAGAL.

3. Evaluasi Periode Breeding (Trip)

Ringkasan 5 trip terakhir pasangan ini:

Trip 24 | Tanggal kawin: 2026-05-15 | Status: GAGAL | Jumlah anakan: 0

Trip 25 | Tanggal kawin: 2026-05-16 | Status: GAGAL | Jumlah anakan: 0

Trip 26 | Tanggal kawin: 2026-05-21 | Status: GAGAL | Jumlah anakan: 0

Trip 27 | Tanggal kawin: 2026-05-21 | Status: GAGAL | Jumlah anakan: 0

Trip 28 | Tanggal kawin: 2026-11-11 | Status: GAGAL | Jumlah anakan: 0

Evaluasi ini menunjukkan pola kegagalan yang berulang dalam beberapa trip terakhir.

4. Konteks Historis Trip Indukan (Pasangan Lain)

4.1 Catatan Karakteristik Anakan

Riwayat jantan dengan pasangan lain:

Cakra × Ratna: 5 trip (1 berhasil, 4 gagal), success rate 20%

Riwayat betina dengan pasangan lain:

Kinan × Brahma: 2 trip (1 berhasil, 1 gagal), success rate 50%

Ringkasan karakteristik anakan (hasil pasangan ini):

Suara super, badan lumayan besar

Badan besar, paruh bengkok

Mata bulat dan paruh pendek

Sempat sakit, tapi sudah sehat

Cengkeraman kaki sangat kuat

Informasi kelengkapan data karakteristik:

Total anakan: 22

Anakan yang sudah memiliki data karakteristik: 20

Tingkat kelengkapan data karakteristik: 90.9%

4.2 Evaluasi Karakteristik Anakan

Berdasarkan anakan yang telah memiliki data karakteristik, terdapat pola positif pada suara dan kondisi fisik, meskipun evaluasi ini masih bersifat sementara karena belum seluruh anakan memiliki data karakteristik.

4.3 Analisis Perbandingan Wajib

Perbandingan performa pasangan aktif saat ini (Cakra × Kinan) dengan pasangan sebelumnya (Cakra × Ratna) menunjukkan:

Tingkat keberhasilan:

Cakra × Kinan: 57%

Cakra × Ratna: 20%

Jumlah trip dan konsistensi hasil:

Cakra × Kinan memiliki 28 trip dengan 16 berhasil, sedangkan Cakra × Ratna hanya 5 trip dengan 1 berhasil.

Pola performa:

Cakra × Kinan menunjukkan tingkat keberhasilan yang lebih baik, namun dengan kegagalan yang berulang pada trip terbaru.

Implikasi manajerial:

Meskipun performa Cakra × Kinan lebih baik dibandingkan Cakra × Ratna, kegagalan berulang pada trip terbaru menunjukkan bahwa pasangan ini belum stabil.

4.4 Kesimpulan

Status reproduksi pasangan ini menunjukkan bahwa pasangan belum konsisten, dengan kegagalan berulang pada trip terakhir yang memerlukan perhatian lebih lanjut.

D. Evaluasi Kesiapan Produksi Berdasarkan Perilaku**Indikator kesiapan jantan:**

Terpenuhi.

Indikator kesiapan betina:

Terpenuhi.

E. Risiko & Catatan Manajemen

Potensi risiko manajerial yang realistis berdasarkan data perilaku dan riwayat breeding meliputi:

Dominansi jantan.

Stres adaptasi.

Ketidaksiapan lingkungan.

F. Rekomendasi Akhir Sistem

Berdasarkan evaluasi kuantitatif, sistem merekomendasikan untuk **STOP**. Keputusan ini didasarkan pada kegagalan berulang dalam 5 trip terakhir yang semuanya berstatus GAGAL, serta penurunan performa yang terlihat dari tingkat keberhasilan yang tidak stabil.

Kegagalan breeding dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kondisi lingkungan, musim breeding, dan kondisi fisik indukan. Oleh karena itu, peternak perlu meninjau faktor-faktor ini sebelum mengambil keputusan akhir.

G. Rekomendasi Tindakan Praktis

Meskipun indikator perilaku saat ini terpenuhi, disarankan untuk melakukan pemantauan rutin dan evaluasi lebih lanjut terhadap kondisi lingkungan dan kesehatan indukan.

H. Potensi Tantangan Awal

Tidak terdapat tantangan awal yang signifikan, namun pemantauan rutin tetap disarankan untuk memastikan kesiapan dan kesehatan indukan.

I. Early Warning - Kondisi Stop Pairing

Pairing perlu dihentikan sementara jika terdapat agresivitas jantan yang berulang, penurunan kondisi betina, atau tidak ada respon interaksi dalam 30 hari.

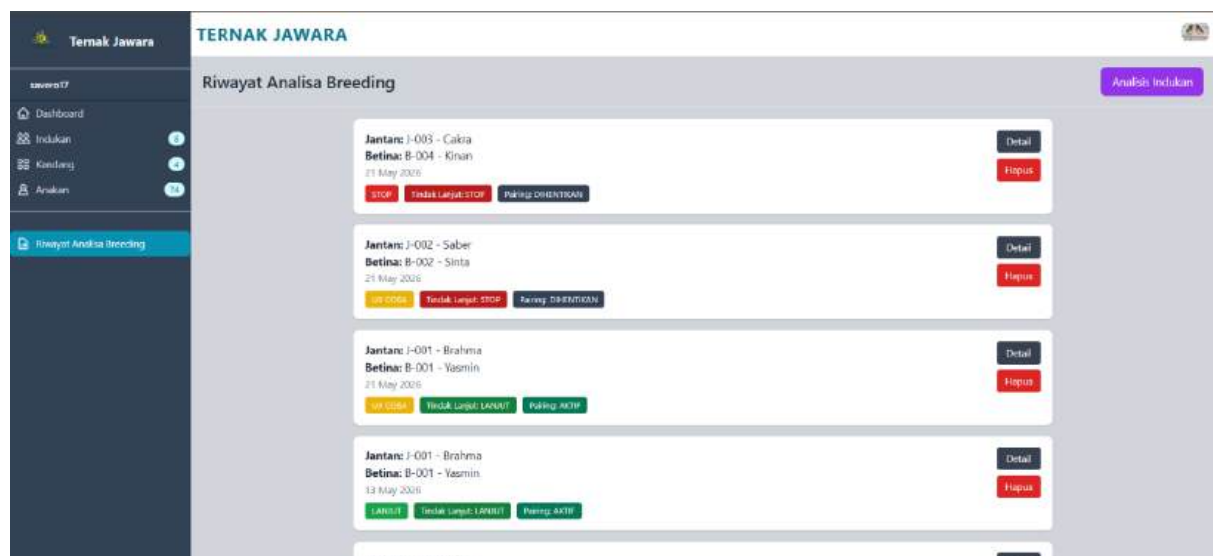
Gambar 4.13 Tampilan Hasil Evaluasi *Breeding*

Tampilan Riwayat Evaluasi *Breeding*

Tampilan riwayat evaluasi *breeding* digunakan untuk menampilkan dokumentasi hasil evaluasi yang telah tersimpan sebelumnya terhadap berbagai *pairing* indukan. Pada halaman ini disajikan daftar hasil evaluasi yang memuat identitas indukan jantan dan betina, tanggal analisis, rekomendasi sistem, serta status tindak lanjut apabila sudah pernah dipilih oleh peternak. Penyajian riwayat ini memungkinkan peternak menelusuri kembali hasil evaluasi secara kronologis dan terstruktur.

Setiap entri riwayat evaluasi dapat dipilih untuk melihat detail hasil analisa. Detail tersebut memuat rekomendasi sistem, uraian interpretatif, informasi pendukung keputusan, serta tindak lanjut peternak terhadap hasil evaluasi tersebut. Setelah detail hasil evaluasi ditampilkan, sistem mengecek apakah tindak lanjut sudah pernah dipilih. Apabila tindak lanjut sudah ada, sistem menampilkannya sebagai histori keputusan dan tidak lagi menampilkan pilihan untuk mengubah tindak lanjut tersebut.

Apabila tindak lanjut belum dipilih, sistem menampilkan pilihan tindak lanjut berupa lanjut, pantau, atau stop. Tindak lanjut yang dipilih disimpan sebagai histori keputusan terhadap hasil evaluasi. Jika peternak memilih stop, maka status *pairing* berubah menjadi dihentikan sehingga pasangan indukan tidak dapat digunakan untuk menambah *trip breeding* baru sebelum diaktifkan kembali. Sebaliknya, jika peternak memilih lanjut atau pantau, status *pairing* tetap aktif. Dengan mekanisme ini, riwayat evaluasi tidak hanya berfungsi sebagai arsip, tetapi juga menjadi bagian dari alur pengambilan keputusan yang terdokumentasi. Tampilan riwayat evaluasi *breeding* yang digunakan untuk menelusuri dokumentasi hasil evaluasi dan tindak lanjut *pairing* indukan ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Halaman Riwayat Evaluasi

Secara keseluruhan, implementasi antarmuka sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media interaksi pengguna, tetapi juga mendukung alur proses yang telah dirancang pada *activity diagram*. Tampilan kandang mendukung pengecekan status *pairing*, aktivasi ulang *pairing*, dan pencatatan hasil *breeding* sebagai histori *trip* pasangan. Tampilan riwayat evaluasi mendukung pengecekan kondisi analisa dan penyajian hasil evaluasi berbasis data

historis. Sementara itu, tampilan riwayat evaluasi mendukung peninjauan hasil analisa serta pencatatan tindak lanjut peternak secara terstruktur. Dengan demikian, setiap komponen antarmuka berperan dalam mendukung proses evaluasi *pairing* indukan sebagai sistem pendukung keputusan berbasis data historis.

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu yang telah dikembangkan dapat berfungsi sesuai kebutuhan serta memberikan pengalaman penggunaan yang baik bagi peternak. Pengujian dalam penelitian ini mencakup pengujian fungsional sistem, pengujian *usability* dan penerimaan pengguna, serta validasi terbatas kualitas interpretasi AI. Pengujian fungsional digunakan untuk menilai keberfungsian fitur dan konsistensi keluaran sistem, pengujian *usability* dan penerimaan pengguna digunakan untuk menilai kemudahan penggunaan serta penerimaan sistem oleh peternak, sedangkan validasi terbatas kualitas interpretasi AI digunakan untuk menilai kelayakan uraian naratif AI dalam menjelaskan hasil evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis.

4.2.1 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa fitur utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang. Pengujian ini menggunakan *metode Black Box Testing* dengan menguji setiap fitur melalui skenario penggunaan yang telah ditentukan. Kemudian dalam pengujian fungsional ini, istilah “rekomendasi” merujuk pada bentuk penyajian hasil evaluasi yang dihasilkan oleh sistem. Secara teknis, sistem melakukan proses evaluasi berbasis indikator data historis dan menghasilkan hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara deterministik. Hasil evaluasi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk rekomendasi untuk memudahkan pemahaman pengguna, tanpa mengubah mekanisme evaluasi yang telah ditentukan oleh sistem. Hasil pengujian fungsional menggunakan metode *Black Box Testing* ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian menggunakan *Black Box Testing*

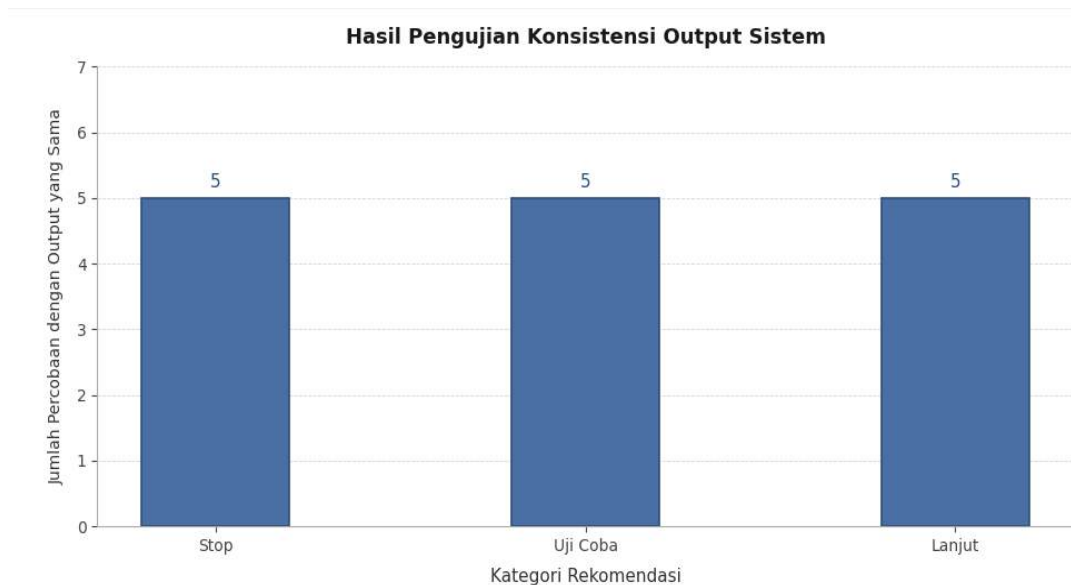
No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Login Pengguna	Pengguna memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang valid	Sistem mengarahkan pengguna ke halaman <i>dashboard</i> sesuai akun	Berhasil
2	Pengelolaan Data Indukan	Menambahkan dan mengubah data indukan (<i>identitas</i> , umur, karakteristik)	Data indukan tersimpan dan perubahan tercatat pada sistem	Berhasil
3	Pengelolaan Data Anakan	Menambahkan dan mengubah data anakan hasil <i>breeding</i>	Data anakan tersimpan dan terhubung dengan <i>pairing</i> indukan yang sesuai	Berhasil
4	Pengelolaan Data Kandang	Menambahkan dan mengubah data kandang serta menetapkan pasangan indukan	Data kandang dan pasangan indukan tersimpan dengan benar	Berhasil
5	Pencatatan Trip Breeding	Menambahkan periode <i>breeding</i> baru pada <i>pairing</i> indukan	Data <i>trip</i> tersimpan dan tercatat dalam riwayat <i>breeding</i> pasangan	Berhasil
6	Proses Evaluasi Pairing	Memilih <i>pairing</i> indukan dan menjalankan proses evaluasi	menampilkan rekomendasi yang merupakan hasil evaluasi yang diklasifikasikan (<i>lanjut/uji_coba/stop</i>)	Berhasil
7	Integrasi LLM	Setelah evaluasi deterministik selesai, sistem menghasilkan laporan naratif interpretatif	Laporan evaluatif ditampilkan sesuai struktur yang telah ditentukan	Berhasil
8	Penyimpanan Riwayat Evaluasi	Menyimpan hasil evaluasi <i>pairing</i> yang telah dilakukan	Hasil evaluasi tersimpan dan dapat ditelusuri kembali pada menu riwayat	Berhasil
9	Mekanisme Fallback	Simulasi kegagalan pemanggilan API	laporan <i>fallback</i> berbasis hasil evaluasi deterministik yang disajikan dalam bentuk rekomendasi	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian fungsional yang telah dilakukan, seluruh fitur utama sistem dapat berjalan sesuai dengan skenario yang telah dirancang. Sistem mampu menerima *input*, memproses data, serta menghasilkan *output* sesuai dengan kebutuhan yang ditetapkan.

Selain pengujian terhadap keberfungsian fitur, dilakukan pengujian terhadap konsistensi *output* sistem sebagai bagian dari pengujian fungsional. Pengujian ini dilakukan

untuk memastikan bahwa hasil evaluasi yang dihasilkan sistem tetap konsisten terhadap *input* yang sama.

Pengujian dilakukan sebanyak 15 percobaan yang terbagi dalam tiga kategori hasil evaluasi, yaitu *stop*, *uji_coba*, dan *lanjut*, dengan ketentuan bahwa masing-masing kategori diuji sebanyak lima kali menggunakan data yang sama pada setiap percobaan. Hasil pengujian konsistensi *output* sistem ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Hasil Pengujian Konsistensi *Output* Sistem

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa setiap kategori hasil evaluasi menghasilkan jumlah percobaan yang sama, yaitu sebanyak lima kali, tanpa adanya perubahan hasil pada setiap pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme evaluasi yang digunakan bersifat deterministik, sehingga setiap *input* data yang sama akan menghasilkan hasil evaluasi yang sama secara konsisten.

Pengujian konsistensi *output* ini tidak dimaksudkan sebagai pengujian validitas klasifikasi hasil evaluasi terhadap keputusan pakar atau peternak berpengalaman. Pengujian ini digunakan untuk memastikan bahwa mekanisme evaluasi deterministik menghasilkan keluaran yang stabil terhadap *input* yang sama. Dengan demikian, hasil pengujian konsistensi *output* hanya menunjukkan kestabilan mekanisme sistem, bukan tingkat kesesuaian klasifikasi *stop*, *uji_coba*, dan *lanjut* terhadap penilaian pakar sebagai *ground truth*.

Selain itu, hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa integrasi komponen *Large Language Model* tidak memengaruhi hasil evaluasi yang dihasilkan sistem. Komponen LLM

hanya berperan dalam menyusun uraian interpretatif berdasarkan hasil evaluasi yang telah ditentukan oleh mekanisme deterministik, tanpa mengubah klasifikasi hasil evaluasi tersebut.

4.2.2 Pengujian *Usability* dan Penerimaan Pengguna

Pengujian oleh pengguna dilakukan untuk menilai kelayakan penggunaan sistem pada praktik *breeding* burung Murai Batu melalui uji coba langsung oleh peternak. Pengujian ini mencakup dua aspek utama, yaitu *usability* sistem dan penerimaan pengguna terhadap rekomendasi yang dihasilkan dalam mendukung proses evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis sebagai dasar evaluasi *breeding*.

Responden diminta menggunakan sistem sesuai alur yang telah dirancang, kemudian memberikan penilaian melalui kuesioner skala *Likert* terhadap kemudahan penggunaan, keterpahaman sistem, serta kesesuaian rekomendasi dengan pengalaman praktik *breeding* yang dilakukan peternak.

Rekomendasi yang ditampilkan oleh sistem merupakan representasi dari hasil evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis pada praktik *breeding*. Hasil evaluasi tersebut diklasifikasikan melalui mekanisme deterministik ke dalam kategori lanjut, uji_coba, atau stop, kemudian disajikan kepada pengguna dalam bentuk klasifikasi dan uraian interpretatif untuk membantu peternak dalam proses pengambilan keputusan. Dengan demikian, rekomendasi tidak berdiri secara terpisah, tetapi merepresentasikan hasil analisis sistem sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan.

Dalam pengujian ini, istilah rekomendasi merujuk pada hasil evaluasi *pairing* indukan yang telah diklasifikasikan oleh sistem melalui mekanisme deterministik dan disajikan dalam bentuk klasifikasi serta uraian interpretatif. Penilaian yang diberikan responden dilakukan terhadap keluaran sistem secara terintegrasi yang mencakup hasil evaluasi yang diklasifikasikan serta uraian interpretatif yang disajikan kepada pengguna.

Pengujian ini tidak dimaksudkan sebagai pengujian akurasi evaluasi sistem terhadap keputusan pakar sebagai *ground truth*, melainkan sebagai penilaian awal terhadap *usability*, penerimaan pengguna, dan kesesuaian hasil evaluasi sistem dengan pengalaman praktik *breeding* peternak. Hal ini disebabkan sistem yang dikembangkan bukan model prediktif berbasis pembelajaran mesin, melainkan sistem pendukung keputusan berbasis aturan deterministik. Oleh karena itu, hasil pengujian pada subbab ini tidak diinterpretasikan sebagai nilai akurasi evaluasi, tetapi sebagai gambaran bahwa hasil evaluasi sistem dapat dipahami, dinilai bermanfaat, dan sesuai dengan praktik *breeding* menurut responden.

Pernyataan pada aspek penerimaan pengguna difokuskan pada persepsi terhadap kebermanfaatan hasil evaluasi, keterpahaman rekomendasi sistem, serta kesesuaian hasil evaluasi terhadap pengalaman praktik *breeding* yang dilakukan peternak. Hasil evaluasi penerimaan pengguna terhadap sistem pendukung keputusan berbasis *pairing* indukan disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Evaluasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis *Pairing* Indukan

No	Pernyataan	Rata-rata Skor
1	Hasil evaluasi <i>pairing</i> indukan dan rekomendasi <i>breeding</i> disajikan secara lengkap	4.8
2	Logika rekomendasi “lanjut / uji_coba / stop” mudah dipahami dan masuk akal	5.0
3	Evaluasi dan rekomendasi membantu dalam mempertimbangkan <i>pairing</i> indukan	5.0
4	Evaluasi dan rekomendasi sesuai dengan pengalaman praktik <i>breeding</i>	5.0
5	Bersedia menggunakan rekomendasi sistem ke depannya	5.0

Selanjutnya, pernyataan pada aspek *usability* difokuskan pada kemudahan penggunaan, keterpahaman antarmuka, kemudahan mempelajari sistem, kepuasan penggunaan, serta kesesuaian sistem terhadap kebutuhan pengguna. Hasil pengujian aspek *usability* sistem disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Usability* Sistem

No	Pernyataan	Rata-rata Skor
1	Sistem membantu dalam pengelolaan peternakan Murai Batu	5.0
2	Sistem membantu proses <i>breeding</i> dan pencatatan hasil ternak	5.0
3	Sistem mudah digunakan	4.4
4	Menu dan navigasi sistem mudah dipahami	4.6
5	Fitur utama sistem mudah ditemukan	4.6
6	Sistem mudah dipelajari saat pertama kali digunakan	4.6
7	Sistem dapat digunakan tanpa memerlukan bantuan	4.2

	yang lama	
8	Pengguna merasa puas menggunakan sistem	4.8
9	Sistem sesuai dengan kebutuhan peternak Murai Batu	5.0
10	Bersedia menggunakan sistem secara rutin	5.0

Berdasarkan hasil perhitungan *Cronbach's Alpha* terhadap 10 butir instrumen *usability*, diperoleh nilai sebesar 0,871. Nilai tersebut berada pada kategori *good* berdasarkan kriteria George dan Mallery (2003), yang menetapkan nilai $\alpha > 0,8$ sebagai reliabilitas yang baik, sehingga instrumen *usability* dinilai memiliki konsistensi internal yang baik. Namun, karena jumlah responden terbatas, hasil ini diposisikan sebagai informasi pendukung dalam evaluasi awal sistem dan tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik.

Adapun 5 butir validasi pengguna terhadap rekomendasi AI/SPK tidak diuji menggunakan *Cronbach's Alpha* karena jawaban responden cenderung homogen dan memiliki varians yang sangat rendah. Oleh karena itu, bagian tersebut dianalisis secara deskriptif untuk menilai kelengkapan hasil evaluasi, keterpahaman logika rekomendasi, kebermanfaatan rekomendasi, kesesuaian dengan praktik peternak, serta kesiediaan penggunaan rekomendasi pada masa berikutnya.

4.2.3 Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI

Validasi terbatas kualitas interpretasi AI dilakukan untuk menilai kelayakan uraian naratif yang dihasilkan oleh komponen AI dalam menjelaskan hasil evaluasi *pairing* indukan. Validasi ini tidak dimaksudkan untuk menguji akurasi statistik model AI, melainkan untuk menilai apakah *output* interpretatif AI telah sesuai dengan data acuan, mudah dipahami, relevan dengan praktik *breeding*, serta tetap berperan sebagai bahan pertimbangan dalam sistem pendukung keputusan.

Validasi dilakukan terhadap dua peternak Murai Batu berpengalaman dengan pengalaman beternak lebih dari tiga tahun. Kedua responden belum pernah menggunakan sistem manajemen peternakan sebelumnya. Responden diminta menilai tiga sampel *output* AI yang mewakili kategori hasil evaluasi, yaitu lanjut, uji_coba, dan stop. Setiap sampel disertai data acuan sistem agar responden dapat membandingkan uraian AI dengan data historis yang menjadi dasar evaluasi.

Penilaian dilakukan menggunakan rubrik kualitatif tiga tingkat, yaitu sesuai, cukup sesuai, dan perlu perbaikan. Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian penjelasan AI dengan

data acuan, ketepatan penjelasan terhadap kondisi pasangan indukan, keterbacaan narasi, relevansi saran atau catatan manajerial, serta batasan peran AI sebagai bahan pertimbangan. Hasil validasi terbatas kualitas interpretasi AI disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI

No	Sampel Output AI	Kategori Hasil Evaluasi	Penilaian Peternak 1	Penilaian Peternak 2	Temuan Utama
1	Sampel 1	Lanjut	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai	Penjelasan sudah sesuai dengan data acuan, tetapi narasi perlu dipersingkat dan kesimpulan terhadap karakter anakan perlu lebih hati-hati jika data masih terbatas.
2	Sampel 2	Uji_coba	Sesuai	Sesuai	Penjelasan AI dinilai sesuai dengan riwayat <i>breeding</i> dan relevan dengan praktik peternak, meskipun masih memerlukan penyempurnaan pada kejelasan saran.
3	Sampel 3	Stop	Sesuai	Cukup Sesuai	Penjelasan sudah dapat dipahami sebagai bahan pertimbangan, tetapi kalimat perlu lebih ringkas dan saran manajerial perlu dibuat lebih spesifik.

Selain memberikan penilaian terhadap masing-masing sampel *output* AI, responden juga memberikan catatan umum terhadap narasi AI yang dihasilkan sistem. Catatan umum tersebut digunakan sebagai masukan kualitatif untuk memperkuat analisis hasil validasi, khususnya terkait keterbacaan narasi, kejelasan saran, dan kesesuaian narasi AI sebagai bahan pertimbangan. Ringkasan penilaian akhir responden disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Ringkasan Catatan Umum Responden terhadap Narasi AI

No	Responden	Catatan Umum
1	Peternak 1	Penjelasan sudah baik, tetapi kalimat perlu dibuat lebih singkat dan padat agar lebih mudah dipahami.
2	Peternak 2	Sistem sudah baik, tetapi bagi peternak yang sudah berpengalaman, saran yang diberikan sebaiknya lebih khusus dan terinci.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisis Keberfungsian Sistem

Hasil pengujian fungsional menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem dapat berjalan sesuai dengan skenario yang telah dirancang. Tidak ditemukan kegagalan pada proses *login*, pengelolaan data indukan, anakan, kandang, pencatatan *trip breeding*, hingga proses evaluasi *pairing* indukan dan penyajian hasil analisis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan dasar sebagai sistem informasi manajemen *breeding* yang mampu mengelola data secara terstruktur dan konsisten.

Keberhasilan pengujian ini juga mengindikasikan bahwa integrasi antar modul dalam sistem telah berjalan dengan baik. Keterkaitan antara entitas indukan, kandang, dan anakan dapat diproses tanpa inkonsistensi data, sehingga mendukung pembentukan data historis *breeding* secara berkelanjutan. Data historis tersebut menjadi fondasi utama dalam proses evaluasi *pairing* indukan, sehingga kestabilan pengelolaan data merupakan aspek penting dalam memastikan kualitas hasil analisis yang dihasilkan sistem.

Pada fitur evaluasi *pairing* indukan, sistem mampu menjalankan mekanisme evaluasi deterministik secara konsisten dengan menghasilkan hasil evaluasi yang diklasifikasikan ke dalam kategori hasil evaluasi berdasarkan indikator evaluasi berbasis data historis. *Rule engine* yang diimplementasikan bekerja sesuai dengan logika evaluasi yang telah dirancang. Selain itu, integrasi komponen LLM tidak memengaruhi proses perhitungan utama karena AI hanya berperan dalam menyusun interpretasi terhadap hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan sistem. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk rekomendasi sebagai representasi dari hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan secara deterministik.

Mekanisme *fallback* yang diimplementasikan menunjukkan bahwa sistem memiliki ketahanan operasional yang memadai. Dalam kondisi kegagalan pemanggilan layanan LLM, sistem tetap mampu menghasilkan keluaran berbasis evaluasi deterministik tanpa menghentikan proses analisis. Meskipun pengujian masih terbatas pada skenario tertentu dan belum mencakup penggunaan dalam skala besar, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi aspek keberfungsian serta layak digunakan dalam mendukung proses evaluasi *pairing* indukan sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan.

Hasil pengujian konsistensi *output* sistem yang disajikan pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan hasil evaluasi yang sama secara berulang

terhadap *input* yang identik. Dalam 15 percobaan yang dilakukan pada tiga kategori hasil evaluasi, seluruh hasil menunjukkan tidak adanya variasi *output* pada setiap skenario pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme evaluasi berbasis indikator data historis yang diimplementasikan dalam sistem bersifat deterministik dan stabil. Sistem tidak menghasilkan hasil evaluasi secara acak, melainkan mengikuti logika evaluasi yang telah dirancang secara konsisten. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar rekomendasi bagi peternak dalam menentukan kelanjutan *pairing* indukan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian fungsional menunjukkan adanya bukti empiris bahwa pemisahan antara *decision logic* dan *explanation logic* dalam arsitektur sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan. Keberhasilan pengujian pada fitur evaluasi *pairing* indukan pada Tabel 4.1 mengindikasikan bahwa mekanisme deterministik mampu menghasilkan klasifikasi hasil evaluasi secara konsisten tanpa bergantung pada komponen LLM. Lebih lanjut, keberhasilan pengujian pada mekanisme *fallback* pada Tabel 4.1 juga memperlihatkan bahwa gangguan pada lapisan *explanation logic* tidak memengaruhi keluaran dari *decision logic*. Sistem tetap dapat menghasilkan hasil evaluasi sesuai mekanisme *rule-based engine* meskipun komponen LLM tidak tersedia.

Dengan demikian, pemisahan arsitektur yang dirancang pada Bab III tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga telah terimplementasi secara operasional dan terverifikasi secara fungsional melalui pengujian sistem. Hasil evaluasi yang dihasilkan sistem tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk rekomendasi sebagai representasi untuk mendukung pengambilan keputusan oleh peternak.

4.3.2 Analisis Rekomendasi Sistem Pendukung Keputusan

Pada pembahasan ini, rekomendasi dipahami sebagai representasi dari hasil evaluasi *pairing* indukan yang telah diklasifikasikan secara deterministik dan disajikan dalam bentuk klasifikasi serta uraian interpretatif. Hasil evaluasi terhadap rekomendasi sistem menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi dari seluruh responden dengan rata-rata keseluruhan sebesar 4,96. Berdasarkan kategorisasi rentang skala yang dikemukakan oleh Sugiyono (2019), nilai tersebut berada pada rentang 4,21–5,00 sehingga termasuk dalam kategori Sangat Baik. Seluruh indikator yang berkaitan dengan logika rekomendasi, kebermanfaatan, serta kesesuaian dengan praktik *breeding* memperoleh nilai pada kategori sangat baik. Responden menilai bahwa klasifikasi hasil evaluasi yang disajikan dalam bentuk

rekomendasi, yaitu lanjut, uji_coba, dan stop, mudah dipahami serta mencerminkan kondisi yang relevan dengan pengalaman mereka dalam melakukan *breeding*.

Tingginya tingkat penerimaan terhadap logika rekomendasi mengindikasikan bahwa mekanisme evaluasi berbasis data historis yang diterapkan dalam sistem mampu merepresentasikan pola performa *pairing* indukan dalam *breeding* secara logis dan relevan. Tidak adanya penilaian rendah pada aspek ini menunjukkan bahwa aturan yang digunakan dalam mekanisme *rule-based engine* tidak bersifat arbitrer, melainkan selaras dengan praktik empiris peternak. Rekomendasi yang disajikan sebagai representasi hasil evaluasi telah berjalan sesuai rancangan sistem dan dapat diterima pada praktik lapangan.

Seluruh responden juga menyatakan bahwa rekomendasi yang disajikan sistem, yang merupakan representasi dari hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara deterministik, membantu dalam mempertimbangkan keputusan *pairing* indukan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi secara efektif sebagai sistem pendukung keputusan, karena hasil evaluasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi dalam proses pertimbangan. Sistem tidak menggantikan peran peternak, tetapi memperkuat proses evaluasi yang sebelumnya bersifat intuitif menjadi lebih terstruktur dan berbasis data.

Namun, hasil penerimaan pengguna tersebut tidak diinterpretasikan sebagai ukuran akurasi evaluasi sistem secara kuantitatif. Penelitian ini belum melakukan komparasi langsung antara hasil evaluasi sistem dan keputusan pakar sebagai *ground truth*. Oleh karena itu, skor tinggi pada aspek kesesuaian rekomendasi dengan praktik *breeding* menunjukkan bahwa hasil evaluasi sistem dinilai relevan dan dapat diterima oleh peternak saat penggunaan lapangan, bukan menunjukkan tingkat akurasi evaluasi secara statistik. Kontribusi pengujian pada penelitian ini berada pada aspek keterpahaman, kebermanfaatan, kesesuaian praktis, dan penerimaan pengguna terhadap sistem pendukung keputusan.

Peran komponen LLM dalam sistem berkontribusi dalam meningkatkan keterpahaman terhadap hasil evaluasi. Penyajian laporan dalam bentuk narasi terstruktur membantu pengguna memahami hubungan antara data historis, indikator evaluasi, dan hasil evaluasi yang diklasifikasikan sistem. Dengan demikian, komponen LLM berfungsi sebagai lapisan interpretatif yang menjembatani hasil perhitungan sistem dengan pemahaman pengguna, tanpa mengubah hasil evaluasi yang telah ditentukan oleh mekanisme deterministik.

Meskipun hasil evaluasi menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi, kualitas rekomendasi yang disajikan tetap bergantung pada kelengkapan dan kualitas data historis yang tersedia. Pada kondisi data yang terbatas atau belum mencerminkan pola jangka

panjang, hasil evaluasi yang dihasilkan mungkin belum sepenuhnya merepresentasikan performa *pairing* indukan dalam *breeding* secara komprehensif. Rekomendasi yang disajikan tetap perlu diinterpretasikan bersama dengan observasi langsung oleh peternak sebagai bagian dari proses pengambilan keputusan.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi perannya sebagai sistem pendukung keputusan dalam evaluasi *pairing* indukan sebagai bagian dari evaluasi *breeding*. Sistem mampu menghasilkan hasil evaluasi yang konsisten secara logika, yang kemudian disajikan dalam bentuk rekomendasi sebagai representasi dari hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara deterministik dengan praktik nyata serta didukung oleh penyajian informasi yang mudah dipahami oleh pengguna.

4.3.3 Analisis Usability Sistem

Hasil evaluasi *usability* menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang tinggi dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 4,62. Berdasarkan kategorisasi rentang skala menurut Sugiyono (2019), nilai tersebut berada pada rentang 4,21–5,00 yang dikategorikan Sangat Baik. Seluruh responden menyatakan bahwa sistem membantu dalam pengelolaan peternakan serta mendukung proses *breeding* dan pencatatan hasil ternak sebagai bagian dari data historis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan, tetapi juga memberikan nilai praktis dalam mendukung aktivitas *breeding* sehari-hari.

Pada aspek kemudahan penggunaan, responden memberikan penilaian tinggi terhadap kemudahan memahami menu, navigasi, serta keterpahaman alur sistem. Hal ini mengindikasikan bahwa desain antarmuka dan struktur sistem telah dirancang secara intuitif, sehingga pengguna dapat memahami fungsi utama sistem tanpa mengalami kesulitan yang signifikan. Kemudahan dalam menemukan fitur utama juga menunjukkan bahwa sistem memiliki struktur navigasi yang jelas dan mendukung penggunaan secara efisien.

Meskipun demikian, terdapat dua indikator yang menunjukkan nilai relatif lebih rendah dibandingkan indikator lainnya, yaitu kemudahan penggunaan secara umum (4,4) dan tingkat kemandirian pengguna dalam mengoperasikan sistem tanpa bantuan (4,2). Pola ini mengindikasikan bahwa meskipun struktur navigasi dan fitur utama sistem telah dirancang dengan cukup jelas, pengguna masih memerlukan proses adaptasi pada tahap awal sebelum dapat mengoperasikan sistem secara mandiri dan optimal. Kondisi ini dapat dipahami mengingat sebagian besar responden belum terbiasa menggunakan sistem berbasis web untuk

manajemen *breeding* secara digital, sehingga diperlukan waktu untuk memahami alur penggunaan sistem secara menyeluruh.

Meskipun hasil pengujian *usability* dan penerimaan pengguna menunjukkan nilai rata-rata yang tinggi, hasil tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Skor yang dominan berada pada kategori sangat baik dapat menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan dan relevan dengan kebutuhan peternak. Namun, skor tersebut juga perlu dicermati karena berpotensi dipengaruhi oleh kecenderungan responden untuk memberikan jawaban setuju atau *agreement bias*. Potensi bias ini dapat muncul karena konteks pengujian yang melibatkan interaksi langsung dengan peneliti, keterbatasan jumlah responden, atau adanya kecenderungan responden untuk memberikan penilaian positif terhadap sistem yang diuji. Oleh karena itu, hasil pengujian pada penelitian ini diposisikan sebagai penilaian awal terhadap *usability* dan penerimaan pengguna, bukan sebagai generalisasi statistik terhadap seluruh populasi peternak Murai Batu.

Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem pada tahap selanjutnya perlu mempertimbangkan penyediaan mekanisme pendukung, seperti fitur panduan penggunaan (*onboarding*) atau dokumentasi singkat yang dapat membantu pengguna baru dalam memahami alur sistem secara lebih mandiri. Meskipun terdapat kurva pembelajaran pada tahap awal, tingkat kepuasan pengguna yang tinggi (4,8) serta kesiapan seluruh responden untuk menggunakan sistem secara rutin (5,0) menunjukkan bahwa hambatan tersebut bersifat sementara dan tidak berdampak signifikan terhadap tingkat penerimaan sistem secara keseluruhan.

4.3.4 Analisis Validasi Terbatas Kualitas Interpretasi AI

Hasil validasi terbatas kualitas interpretasi AI menunjukkan bahwa *output* naratif yang dihasilkan sistem secara umum dapat mendukung peternak dalam memahami hasil evaluasi *pairing* indukan. Hal ini terlihat dari penilaian terhadap sampel *output* AI serta catatan umum responden yang menunjukkan bahwa narasi AI dapat memperjelas hasil evaluasi yang ditampilkan sistem. Namun, hasil validasi juga menunjukkan bahwa kualitas interpretasi AI tidak hanya ditentukan oleh kesesuaian terhadap data acuan, tetapi juga oleh keringkasan narasi, kejelasan penjelasan, kehati-hatian dalam menyimpulkan data yang belum lengkap, serta relevansi saran tindak lanjut terhadap praktik *breeding*.

Pada sampel kategori lanjut, kedua peternak memberikan penilaian cukup sesuai. Hasil ini menunjukkan bahwa narasi AI telah mampu menyajikan penjelasan yang sesuai dengan

data acuan, tetapi belum sepenuhnya optimal dari sisi penyajian dan proporsi kesimpulan. Catatan responden menunjukkan bahwa penjelasan perlu dibuat lebih singkat. Selain itu, terdapat catatan bahwa AI terlalu cepat menyimpulkan karakteristik anakan, terutama ketika data karakteristik yang tersedia masih terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa AI perlu lebih berhati-hati dalam menyusun interpretasi pada bagian yang belum memiliki data pendukung yang cukup agar tidak memberikan kesan terlalu pasti.

Pada sampel kategori uji_coba, kedua peternak memberikan penilaian sesuai. Sampel ini memperoleh penilaian paling baik dibandingkan dua sampel lainnya karena narasi AI dinilai sesuai dengan data acuan, tepat dalam menjelaskan kondisi pasangan indukan, dan relevan dengan praktik *breeding*. Catatan responden menunjukkan bahwa saran AI sudah sesuai, meskipun masih terdapat kebutuhan penyempurnaan pada beberapa bagian penjelasan. Hal ini menunjukkan bahwa *output* AI pada kategori uji_coba telah cukup baik dalam menyajikan interpretasi terhadap hasil evaluasi, tetapi tetap memiliki ruang perbaikan agar narasi yang dihasilkan lebih jelas dan ringkas.

Pada sampel kategori stop, penilaian yang diberikan adalah sesuai oleh Peternak 1 dan cukup sesuai oleh Peternak 2. Hasil ini menunjukkan bahwa narasi AI sudah dapat menjelaskan hasil evaluasi, tetapi masih memiliki catatan pada bagian saran tindak lanjut. Catatan responden menunjukkan bahwa saran yang disampaikan masih terlalu umum dan perlu dibuat lebih spesifik. Selain itu, beberapa kalimat juga perlu dipersingkat agar lebih mudah dipahami oleh peternak. Temuan ini menunjukkan bahwa AI perlu menyajikan saran yang lebih terarah sesuai kategori hasil evaluasi, khususnya pada kondisi stop.

Secara keseluruhan, hasil validasi terbatas memperkuat posisi AI sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan. AI tidak berperan dalam menentukan klasifikasi hasil evaluasi, melainkan menyusun penjelasan terhadap hasil evaluasi deterministik agar lebih mudah dipahami oleh peternak. Meskipun demikian, hasil validasi juga menunjukkan bahwa *output* AI masih memerlukan penyempurnaan, terutama pada aspek keringkasan narasi, kehati-hatian dalam menyimpulkan data yang belum lengkap, dan penajaman saran tindak lanjut sesuai kategori hasil evaluasi. Dengan demikian, AI dalam sistem ini dapat dinilai telah berfungsi sebagai pendukung interpretasi, tetapi masih memiliki ruang pengembangan agar lebih sesuai dengan kebutuhan praktis peternak.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem yang dikembangkan menunjukkan kemampuan dalam mendukung penyelesaian permasalahan

yang diidentifikasi pada Bab I, yaitu kesulitan dalam melakukan evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding* secara terstruktur, konsisten, dan berbasis data historis. Melalui pengelolaan data *breeding* yang terintegrasi serta penerapan mekanisme evaluasi deterministik berbasis indikator historis, sistem menyediakan proses evaluasi *pairing* indukan yang lebih sistematis dan dapat ditelusuri.

Selain itu, integrasi LLM sebagai lapisan interpretatif turut meningkatkan keterpahaman hasil evaluasi tanpa mengubah mekanisme evaluasi deterministik yang menjadi dasar klasifikasi hasil evaluasi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan berperan sebagai sistem pendukung keputusan yang membantu peternak melakukan evaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur, konsisten, dan berbasis data.

4.3.5 Sintesis Temuan dan Implikasi

Kekuatan Sistem

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, sistem yang dikembangkan menunjukkan beberapa kekuatan utama sebagai berikut:

- a. Sistem mampu mengelola data historis *breeding* secara terstruktur dan terintegrasi, sehingga seluruh data terkait indukan, *pairing* indukan, kandang, dan hasil *breeding* dapat ditelusuri secara berkelanjutan sebagai dasar evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding*.
- b. Mekanisme evaluasi berbasis indikator dan data historis mampu menghasilkan hasil evaluasi yang diklasifikasikan secara konsisten, sehingga proses evaluasi *pairing* indukan tidak lagi bergantung sepenuhnya pada intuisi, tetapi didukung oleh analisis data yang terstruktur. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk rekomendasi sebagai representasi dari hasil evaluasi yang telah diklasifikasikan secara deterministik sebagai dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan.
- c. Integrasi LLM sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan mampu menyajikan hasil evaluasi dalam bentuk narasi terstruktur tanpa mengubah hasil evaluasi yang diklasifikasikan oleh mekanisme deterministik. Hasil validasi terbatas menunjukkan bahwa narasi AI dapat mendukung pemahaman peternak terhadap hasil evaluasi *pairing* indukan, meskipun masih memerlukan penyederhanaan dan penajaman pada beberapa bagian.

- d. Sistem menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi dari pengguna, karena hasil evaluasi yang disajikan dalam bentuk rekomendasi dinilai sesuai dengan praktik *breeding* serta sistem dinilai mudah digunakan dalam mendukung aktivitas pengelolaan dan evaluasi *pairing* indukan dalam *breeding*.
- e. Sistem memiliki ketahanan operasional melalui mekanisme *fallback*, sehingga tetap dapat menghasilkan hasil evaluasi berbasis mekanisme deterministik meskipun komponen LLM tidak dapat diakses, dan dengan demikian tidak menjadikan komponen LLM sebagai ketergantungan utama dalam sistem.

Keterbatasan Sistem

Meskipun sistem menunjukkan kinerja yang baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan:

- a. Kualitas hasil evaluasi dan rekomendasi yang disajikan sangat bergantung pada kelengkapan dan konsistensi data historis *breeding* yang *diinput* oleh pengguna, sehingga keterbatasan data dapat memengaruhi kedalaman evaluasi yang dihasilkan. Selain itu, penentuan ambang batas pada indikator evaluasi masih bersifat awal-operasional, sehingga masih berpotensi untuk disempurnakan melalui pengujian dengan data yang lebih luas.
- b. Mekanisme evaluasi yang digunakan bersifat *rule-based* dan tidak adaptif, sehingga belum mampu menyesuaikan aturan secara dinamis terhadap perubahan pola *breeding* yang lebih kompleks pada performa *pairing* indukan di lapangan.
- c. Komponen LLM tidak berperan dalam menghasilkan alternatif keputusan atau rekomendasi baru, melainkan hanya menyajikan interpretasi terhadap hasil evaluasi deterministik, sehingga eksplorasi rekomendasi tetap terbatas pada aturan yang telah ditetapkan dalam sistem.
- d. Penelitian ini belum melakukan validasi komparatif antara klasifikasi hasil evaluasi sistem dengan penilaian pakar atau peternak berpengalaman pada kasus *pairing* yang sama. Oleh karena itu, hasil pengujian pada penelitian ini belum dapat dinyatakan sebagai tingkat akurasi klasifikasi sistem secara kuantitatif, melainkan menunjukkan keberfungsian sistem, konsistensi mekanisme deterministik, serta penerimaan pengguna terhadap hasil evaluasi yang disajikan.
- e. *Output* interpretatif AI masih memiliki keterbatasan dari sisi penyajian narasi. Hasil validasi terbatas menunjukkan bahwa beberapa bagian narasi masih terlalu panjang

dan perlu dibuat lebih singkat serta padat. Selain itu, AI perlu lebih berhati-hati dalam menyimpulkan data yang belum lengkap, terutama pada karakteristik anakan. Saran tindak lanjut pada kategori stop juga masih perlu dibuat lebih spesifik agar sesuai dengan kebutuhan praktis peternak.

Rekomendasi Pengembangan Sistem

Berdasarkan keterbatasan yang telah diidentifikasi, beberapa rekomendasi pengembangan sistem dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Mekanisme evaluasi berbasis aturan yang digunakan saat ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan integrasi pendekatan berbasis pembelajaran data, sehingga sistem memiliki kemampuan untuk menyesuaikan proses evaluasi terhadap pola *breeding* yang lebih dinamis pada performa *pairing* indukan, tanpa menghilangkan konsistensi yang dimiliki oleh mekanisme *rule-based engine*.
- b. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur analisis lanjutan yang memungkinkan penyajian alternatif hasil evaluasi yang direpresentasikan dalam bentuk rekomendasi, sehingga peternak memperoleh perspektif tambahan dalam mempertimbangkan keputusan terkait *pairing* indukan dalam *breeding*.
- c. Antarmuka dan alur sistem masih dapat ditingkatkan untuk mengurangi kebutuhan adaptasi pada tahap awal penggunaan. Hasil pengujian *usability* menunjukkan bahwa indikator kemandirian pengguna memiliki nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan indikator lainnya, yang mengindikasikan adanya kurva pembelajaran awal. Oleh karena itu, pengembangan sistem selanjutnya perlu mempertimbangkan penambahan mekanisme pendukung, seperti fitur panduan penggunaan (*onboarding*) atau dokumentasi singkat, guna membantu pengguna baru memahami alur sistem secara lebih mandiri, terutama dalam memahami keterkaitan antara pencatatan data historis dan proses evaluasi yang dihasilkan sistem.
- d. Komponen AI perlu dikembangkan melalui penyusunan *prompt* yang lebih ringkas dan terarah. Pengembangan *prompt* perlu difokuskan pada penyajian kalimat yang lebih singkat dan padat, penekanan alasan utama rekomendasi, pembatasan kesimpulan ketika data pendukung belum lengkap, serta penyajian saran tindak lanjut yang lebih spesifik sesuai kategori hasil evaluasi.
- e. Evaluasi lanjutan dapat dilakukan melalui validasi komparatif antara hasil klasifikasi sistem dan penilaian pakar atau peternak berpengalaman pada sejumlah kasus

pairing yang sama. Validasi tersebut dapat digunakan untuk menilai tingkat kesesuaian klasifikasi lanjut, uji_coba, dan stop secara lebih objektif, sekaligus memperkuat dasar evaluasi sistem pada penelitian berikutnya.

Rekomendasi pengembangan ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memiliki fondasi yang kuat dalam mendukung evaluasi *pairing* indukan berbasis data historis sebagai dasar evaluasi *breeding*. Dengan penyempurnaan pada aspek mekanisme evaluasi, kualitas data, pengalaman pengguna, serta kualitas narasi interpretatif AI, sistem berpotensi untuk memberikan dukungan yang lebih optimal dalam proses evaluasi *pairing* indukan secara lebih konsisten dan terstruktur.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu yang terintegrasi dengan mekanisme evaluasi berbasis indikator data historis serta didukung oleh kecerdasan buatan sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan. Sistem mampu mendukung proses evaluasi *pairing* indukan secara lebih terstruktur, konsisten, dan berbasis data historis, sehingga mengurangi ketergantungan pada penilaian subjektif dalam praktik *breeding*.

Melalui mekanisme evaluasi deterministik berbasis indikator historis, sistem menghasilkan hasil evaluasi yang konsisten, yang selanjutnya disajikan dalam bentuk rekomendasi untuk membantu peternak dalam melakukan pertimbangan keputusan terkait *pairing* indukan secara lebih sistematis. Dengan demikian, penelitian ini berhasil mengatasi permasalahan utama yang diidentifikasi, yaitu belum optimalnya proses evaluasi *pairing* indukan akibat belum tersedianya sistem yang mampu memanfaatkan data historis secara terstruktur.

Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem informasi manajemen dan sistem pendukung keputusan berbasis data historis, khususnya pada konteks *breeding* burung Murai Batu, dengan menekankan pada pemisahan antara mekanisme evaluasi deterministik dan lapisan interpretatif berbasis kecerdasan buatan. Hasil validasi terbatas terhadap *output* AI memperkuat bahwa lapisan interpretatif tersebut dapat membantu pemahaman peternak, tetapi tetap perlu disempurnakan agar narasi yang dihasilkan lebih ringkas, proporsional, dan sesuai dengan kebutuhan praktis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan disusun sesuai dengan tujuan penelitian sebagai berikut:

- a. Penelitian ini berhasil merancang sistem informasi manajemen *breeding* burung Murai Batu berbasis web yang mendukung proses pencatatan, pengelolaan, dan penelusuran data historis *breeding* secara terstruktur. Sistem yang dikembangkan mampu mengelola data indukan, kandang, *pairing* indukan, *trip breeding*, serta hasil *breeding* dalam satu sistem terintegrasi, sehingga proses evaluasi *pairing* indukan dapat dilakukan secara lebih sistematis, terdokumentasi, dan berkelanjutan.
- b. Penelitian ini berhasil menyediakan mekanisme evaluasi berbasis indikator historis sebagai dasar sistem pendukung keputusan. Mekanisme evaluasi tersebut memanfaatkan data *pairing* indukan, riwayat *trip breeding*, serta konsistensi hasil produksi untuk menghasilkan klasifikasi evaluasi secara deterministik. Dengan adanya mekanisme ini, proses evaluasi *pairing* indukan tidak hanya bergantung pada intuisi peternak, tetapi didukung oleh indikator data historis yang lebih terstruktur, konsisten, dan dapat ditelusuri.
- c. Penelitian ini berhasil mengintegrasikan kecerdasan buatan berbasis *Large Language Model* melalui OpenAI API sebagai lapisan interpretatif dalam sistem pendukung keputusan. Integrasi tersebut digunakan untuk menyajikan penjelasan naratif terhadap hasil evaluasi yang telah ditentukan oleh mekanisme deterministik. Dengan demikian, LLM tidak berperan sebagai penentu keputusan utama, melainkan sebagai pendukung interpretasi agar hasil evaluasi lebih mudah dipahami oleh pengguna, sementara keputusan akhir tetap berada pada peternak. Hasil validasi terbatas oleh dua peternak Murai Batu berpengalaman menunjukkan bahwa narasi AI dapat mendukung pemahaman peternak terhadap hasil evaluasi *pairing* indukan, meskipun masih memerlukan penyederhanaan narasi dan penajaman pada beberapa bagian.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu mendukung evaluasi *pairing* indukan burung Murai Batu berbasis data historis secara lebih terstruktur, konsisten, dan terdokumentasi melalui kombinasi sistem informasi manajemen, mekanisme evaluasi deterministik, serta LLM sebagai lapisan interpretatif yang telah divalidasi secara terbatas sebagai pendukung pemahaman hasil evaluasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran dibedakan menjadi saran untuk penelitian selanjutnya dan saran untuk pengembangan sistem.

5.2.1 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

- a. Penelitian selanjutnya dapat melakukan validasi komparatif antara hasil klasifikasi sistem dengan penilaian pakar atau peternak berpengalaman pada kasus *pairing* yang sama. Validasi ini diperlukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil evaluasi sistem secara lebih objektif.
- b. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jumlah data historis *breeding* yang lebih besar dan lebih beragam. Penggunaan data yang lebih luas dapat membantu memperkuat dasar evaluasi serta memberikan gambaran performa *pairing* indukan yang lebih representatif.
- c. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan mekanisme evaluasi yang lebih adaptif dengan mengombinasikan pendekatan *rule-based* dan pendekatan berbasis pembelajaran data. Pengembangan ini dapat dilakukan agar sistem mampu menyesuaikan evaluasi terhadap pola *breeding* yang lebih kompleks tanpa menghilangkan konsistensi aturan dasar yang telah diterapkan.
- d. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan lebih banyak ahli domain dalam validasi kualitas *output* interpretatif AI agar penilaian terhadap keterpahaman, relevansi, dan kelayakan narasi AI dapat diperoleh dari sudut pandang peternak yang lebih beragam.

5.2.2 Saran untuk Pengembangan Sistem

- a. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur analisis lanjutan, seperti perbandingan performa antar *pairing* indukan atau penyajian alternatif rekomendasi sebagai bahan pertimbangan tambahan bagi peternak.

- b. Sistem dapat dilengkapi dengan fitur panduan penggunaan atau onboarding untuk membantu pengguna baru memahami alur pencatatan data historis dan keterkaitannya dengan proses evaluasi *pairing* indukan.
- c. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan integrasi data lingkungan kandang, seperti suhu, kelembapan, atau kondisi lingkungan lainnya. Integrasi data tersebut dapat memperkaya konteks evaluasi karena faktor lingkungan juga dapat memengaruhi keberhasilan proses *breeding*.
- d. Sistem dapat dikembangkan dengan memperluas dokumentasi hasil evaluasi, sehingga setiap rekomendasi yang dihasilkan tidak hanya ditampilkan kepada pengguna, tetapi juga tersimpan sebagai riwayat evaluasi yang dapat digunakan untuk pemantauan perkembangan *pairing* indukan dari waktu ke waktu.
- e. Komponen AI dapat dikembangkan melalui penyusunan *prompt* yang lebih ringkas dan terarah, terutama untuk menghasilkan penjelasan yang lebih singkat dan padat, menekankan alasan utama rekomendasi, membatasi kesimpulan ketika data pendukung belum lengkap, serta menyajikan saran tindak lanjut yang lebih spesifik sesuai kategori hasil evaluasi.

Dengan adanya pembagian saran tersebut, arah pengembangan lanjutan menjadi lebih jelas, baik dari sisi penelitian maupun penyempurnaan sistem yang telah dikembangkan. Secara akademik, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis data historis, khususnya pada konteks peternakan yang membutuhkan proses evaluasi secara terstruktur dan terdokumentasi. Secara praktis, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat terus disempurnakan, baik pada aspek mekanisme evaluasi, pengalaman pengguna, maupun kualitas narasi interpretatif AI, agar mampu memberikan dukungan yang lebih optimal bagi peternak dalam melakukan evaluasi *pairing* indukan burung Murai Batu secara konsisten, berbasis data, dan mudah dipahami.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan sistem informasi manajemen, mekanisme evaluasi deterministik, dan kecerdasan buatan sebagai lapisan interpretatif dapat menjadi pendekatan yang relevan dalam mendukung proses evaluasi *breeding* yang lebih sistematis, tanpa menggantikan peran peternak sebagai pengambil keputusan utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Muladno, & A. Gunawan. (2023). Evaluation of reproductive performance of Bali cattle on semi-intensive in field station of school for smallholder community (SL-SPR) Sungai Lilin, Musi Banyuasin District, South Sumatera. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 11(2), 80–87. <https://doi.org/10.29244/jipthp.11.2.80-87>
- Aini, N. Q., & Septaningsih, A. C. (2025). Artificial intelligence untuk peningkatan produktivitas ternak: Pendekatan inovatif dalam peternakan. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.56625/jipho.v7i1.234>
- Akdiatmojo, S. (2017). *Panduan menangkarkan Murai Batu*. PT AgroMedia Pustaka.
- Anthropic. (2025). *Pricing - Claude API docs*. Claude API Docs. <https://platform.claude.com/docs/en/about-claude/pricing>
- Araújo, M. L. de, Caldas, L. S., Barreto, B. S., Menezes, P. P. M., Silvério, J. C. dos S., Rodrigues, L. C., Serrano, A. L. M., Neumann, C., & Mendes, N. (2024). How to evaluate the effectiveness of performance management systems? An overview of the literature and a proposed integrative model. In *Administrative Sciences* (Vol. 14, Number 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/admsci14060117>
- Aroral, H. K. (2021). Waterfall process operations in the fast-paced world: Project management exploratory analysis. *International Journal of Applied Business and Management Studies*, 6(1), 91–99. https://www.ijabms.com/wp-content/uploads/2021/05/05_ARORAL_PB.pdf
- As'ad, M., Faran, N., & Joharji, H. (2025). AI-supported shared decision-making (AI-SDM): Conceptual framework. *JMIR AI*, 4. <https://doi.org/10.2196/75866>
- Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., Brynjolfsson, E., Buch, S., Card, D., Castellon, R., Chatterji, N., Chen, A., Creel, K., Davis, J. Q., Demszky, D., ... Liang, P. (2022). *On the opportunities and risks of foundation models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.07258>
- Brookhart, S. M. (2018). Appropriate criteria: Key to effective rubrics. *Frontiers in Education*, 3. <https://doi.org/10.3389/educ.2018.00022>
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G.,

- Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 1877–1901. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165>
- Cahyani, N. K. M., & Dewi, I. A. L. (2025). Analysis of performance measurement of the organic fertilizer supply chain at PT Isaru Teknologi Nusantara using the Supply Chain Operations Reference (SCOR) approach analisis. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 13(3). <https://doi.org/10.24843/JRMA.2025.v13.i03.p10>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Duma, A., & Pusvita, E. A. (2023). Pengembangan sistem informasi data siswa berbasis web pada SMPN 09 Nabire dengan metode waterfall. *Journal of Information System Management (JOISM)*, 5(1), 70–76. <https://doi.org/10.24076/joism.2023v5i1.1115>
- Elnashar, A., White, J., & Schmidt, D. C. (2025). Enhancing structured data generation with GPT-4o: Evaluating prompt efficiency across prompt styles. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1558938>
- Fernando, J. G., & Baldelovar, M. (2022). Decision support system: Overview, different types and elements. *Trends in Technology and Innovation in Data Management and Knowledge Discovery (TTIDMKD)*, (2), 13–18. <https://doi.org/10.36647/TTIDMKD/02.02.A003>
- Firdaus, A. A. (2025). Web-based monitoring and management system for livestock operations. *Journal of Computer Science Application and Engineering*, 3(2), 46–51. <https://doi.org/10.70356/josapen.v3i2.69>
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for windows step by step: A simple guide and reference, 11.0 Update* (4th ed.). Allyn and Bacon.
- Google AI. (2025). *Gemini developer API pricing*. Google AI Documentation. <https://ai.google.dev/gemini-api/docs/pricing>
- Hamdat, A., B, C., Samalam, A. G., Rizal, M., & Lawalata, I. L. D. (2024). The impact of management information systems on decision-making efficiency. *Vifada Management and Digital Business*, 1(2), 56–74. <https://doi.org/10.70184/qpw1rq78>
- Heryadi, D. Y., Umbara, D. S., & Nurseha, H. M. (2022). Kelayakan usaha penangkaran burung Murai Batu. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Agribisnis*, 194–202. <https://jurnal.unigal.ac.id/prosiding/article/view/7764/4955>

- Ikhwan, A., Alilmi, D., Mahayudi, I. P., Fadillah, M. R., & Febryani, N. (2025). Perancangan sistem informasi akademik berbasis web untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan data di SMA Swasta Yayasan Perguruan Keluarga Pematang Siantar. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, 10(1). <https://doi.org/10.51876/simtek.v10i1.1466>
- Illowsky, B., & Dean, S. (2023). *Introductory statistics 2e* (2nd ed.). OpenStax. <https://openstax.org/details/books/introductory-statistics-2e>
- Irfan, M., Agustian, D., & Hiroyuki, A. (2020). Gambaran Kesejahteraan Burung Murai Batu (*Copsychus malabaricus*) di Annafi Bird Farm, Cirebon, Jawa Barat. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(5), 683–694. <https://doi.org/10.19087/imv.2020.9.5.683>
- Irvan, A., Supriyati, E., & Listyorini, T. (2023). Rancang bangun sistem informasi komunitas burung Murai Batu Pati berbasis web. *JUMINTAL: Jurnal Manajemen Informatika Dan Bisnis Digital*, 2(1), 44–56. <https://doi.org/10.55123/jumintal.v2i1.1688>
- Khanifar, J. (2025). Evaluating AI-generated responses from different chatbots to soil science-related questions. *Soil Advances*, 3, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.soilad.2025.100034>
- Kostopoulos, G., Davrazos, G., & Kotsiantis, S. (2024). Explainable artificial intelligence-based decision support systems: A recent review. *Electronics (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/electronics13142842>
- Kovari, A. (2024). AI for decision support: Balancing accuracy, transparency, and trust across sectors. *Information (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/info15110725>
- Lamuno, D., Sölkner, J., Mészáros, G., Nakimbugwe, H., Mulindwa, H., Nandolo, W., Gondwe, T., Tassel, C. Van, Gutiérrez, G., Mueller, J., & Wurzinger, M. (2018). Evaluation framework of community-based livestock breeding programs. In *Livestock Research for Rural Development* (Vol. 30, Number 3). <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/mari30047.html>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson. https://books.google.co.id/books/about/Management_Information_Systems.html?hl=id&id=SZSpxAEACAAJ&redir_esc=y
- Mahamad, S., Chin, Y. H., Zulmuksah, N. I. N., Haque, M. M., Shaheen, M., & Nisar, K. (2025). Technical review: Architecting an AI-driven decision support system for enhanced online learning and assessment. *Future Internet*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/fi17090383>

- Meta AI. (2024, July). *Introducing Llama 3.1: Our most capable models to date*. Meta AI. <https://ai.meta.com/blog/meta-llama-3-1/>
- Morrison, B. W., Bergin, K., Kelson, J., Morrison, N. M. V., Innes, J. M., Zelic, G., Al-Saggaf, Y., & Paul, M. (2023). Decision support systems (DSSs) ‘in the wild’: The factors that influence users’ acceptance of DSSs in naturalistic settings. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 17(4), 332–350. <https://doi.org/10.1177/15553434231191385>
- Mylsamy, S., & Shrivastav, E. A. (2025). API design and integration in a microservices environment. *International Journal for Research Publication and Seminar*, 16(1), 2278–6848. <https://doi.org/10.36676/jrps.v16.i1.205>
- Nadia, & Nasution, M. I. P. (2024). Transformasi digital: Peran sistem informasi manajemen dalam meningkatkan efisiensi organisasi. *JURNAL ILMIAH EKONOMI, MANAJEMEN, BISNIS DAN AKUNTANSI*, 2(1), 627–634. <https://doi.org/10.61722/jemba.v2i1.675>
- Napitupulu, R., Ibrahim, & Daru, T. P. (2024). Performance evaluation of the implementation of the cattle corporation village development program (case study of the Babulu Brahman Jaya livestock production. *GPH-International Journal of Business Management*, 07(05), 1–18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11530691>
- Nelfira, Suryani, A. I., Elizamiharti, & Anggraini, I. (2024). Sistem informasi pengolahan data peternakan ayam merah petelur pada Astipel Farm berbasis web. *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 8(4). <https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/remik/article/view/14128>
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press. <https://books.google.co.id/books?id=v4PkIjEJkmsC>
- Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 106–213. <https://doi.org/10.1145/169059.169166>
- Niloofer, P., Francis, D. P., Lazarova-Molnar, S., Vulpe, A., Suciu, G., Vochin, M.-C., Balanescu, M., Anestis, V., & Bartzanas, T. (2021). Data-driven decision support in livestock farming for improved animal health, welfare and greenhouse gas emissions: Overview and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106406. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106406>
- Nindiani, A., Sulastri, F., & Suhara, A. (2025). A literature review on the implementation of continuous improvement in the Indonesian manufacturing and service industries.

- Journal of Applied Industrial Engineering*, 1(1), 12.
<https://doi.org/10.22441/oe.2025.v17.i1.127>
- Nobre, S., McDill, M., Rodriguez, L. C. E., & Diaz-Balteiro, L. (2023). A general rule-based framework for generating alternatives for forest ecosystem management decision support systems. *Forests*, 14(9), 1–24. <https://doi.org/10.3390/f14091717>
- Norwawi, N. M. (2021). Sliding window time series forecasting with multilayer perceptron and multiregression of COVID-19 outbreak in Malaysia. In *Data Science for COVID-19 Volume 1: Computational Perspectives* (pp. 547–564). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824536-1.00025-3>
- Ofoeda, J., Boateng, R., & Effah, J. (2024). API integration and organisational agility outcomes in digital music platforms: A qualitative case study. *Heliyon*, 10(11).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31756>
- OpenAI. (2024, July). *GPT-4o mini: Advancing cost-efficient intelligence*. OpenAI.
<https://openai.com/index/gpt-4o-mini-advancing-cost-efficient-intelligence/>
- Pal, A., Nath, S., Bedika, B., & Chopra, D. (2023). Data-driven decision-making in livestock management. *The Science World*, 3(9), 2194–2198.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8329524>
- Papakonstantinou, G. I., Voulgarakis, N., Terzidou, G., Fotos, L., Giamouri, E., & Papatsiros, V. G. (2024). Precision livestock farming technology: Applications and challenges of animal welfare and climate change. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 14, Number 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/agriculture14040620>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing and Health*, 29(5), 489–497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Prasetyo, S. M., Fikri, A., Algazali, H., Alkhawarizmi, T. A., & Fachuzi, R. (2024). Implementasi sistem informasi manajemen berbasis web untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan data di SMK Tonjong Bogor. *JORAPI: Journal of Research and Publication Innovation*, 2(3), 1797–1801.
<https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/article/view/865>
- Pratama, E. B., Rezki, M., & Desi. (2025). Pengembangan sistem informasi pengolahan data service pada EC Computer berbasis web. *Jurnal Sistem Informasi Akuntansi*, 6(1), 2721–7523. <https://doi.org/10.31294/justian.v6i1.8333>

- Putra, A. P., Nuraisah, F., & Kuswantoro, M. W. (2024). The role of digital transformation on the performance of Indonesia's biggest dry bulk port. *Procedia Computer Science*, 234, 900–908. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.078>
- Putranto, H. D., Okvianto, D., & Prakoso, H. (2018). Studi reproduksi burung Murai Batu (*Copsychus malabaricus*) pada penangkaran lokal di Kota Bengkulu. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 13(2), 130–139. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.13.2.130-139>
- Reddy, Y. M., & Andrade, H. (2010). A review of rubric use in higher education. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 35(4), 435–448. <https://doi.org/10.1080/02602930902862859>
- Romeo, G., & Conti, D. (2026). Exploring automation bias in human–AI collaboration: A review and implications for explainable AI. *AI and Society*, 41, 259–278. <https://doi.org/10.1007/s00146-025-02422-7>
- Rosa, A. N., Lestari, D. A. H., & Sari, F. (2024). Evaluasi kinerja sistem agribisnis peternakan ayam broiler dengan sistem kemitraan pada PT Mitra Mahkota Buana (MMB) di Kabupaten Lampung Timur. *Aring Hepiana*, 11(3). <https://jurnal.unigal.ac.id/agroinfogaluh/article/view/14458>
- Rosdiyanto, R., & Tjahjanto, T. (2025). Perancangan sistem informasi portal futsal berbasis web untuk meningkatkan efisiensi manajemen data. *Bit-Tech*, 7(3). <https://doi.org/10.32877/bt.v7i3.2327>
- Sánchez-Hernández, Z., Galina-Hidalgo, C. S., Vargas-Leitón, B., Rojas-Campos, J., & Estrada-König, S. (2020). Herd management information systems to support cattle population research: The VAMPP® case. *Agronomia Mesoamericana*, 31(1), 141–156. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37062>
- Shahid, N. U., & Sheikh, N. J. (2021). Impact of big data on innovation, competitive advantage, productivity, and decision making: Literature review. *Open Journal of Business and Management*, 09(02), 586–617. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2021.92032>
- Silva, B., Hak, F., Guimaraes, T., Manuel, M., & Santos, M. F. (2023). Rule-based system for effective clinical decision support. *Procedia Computer Science*, 220, 880–885. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.119>
- Soares, H. K. L., Santos, S. S., Loures-Ribeiro, A., Guzzi, A., & Lucena, R. F. P. (2024). Breeding and management of wild birds in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.285304>

- Soebroto, A. A., Hidayat, N., Perdana, R. S., Indriati, Darmawan Hendra, Brilliansyach, R. F., Ibnu Mohammad, Nurannisa, N., & Vasya, M. A. O. (2024). Sistem informasi profil kelompok pertanian terpadu berbasis web dengan integrated farming (studi kasus: Desa Dawuhan, Malang). *J-Intech : Journal of Information and Technology*, 12, 378–386. <https://doi.org/10.32664/j-intech.v12i02.1501>
- Solo, J. O. P., & Putra, A. D. (2025). Pengembangan sistem informasi berbasis web untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan arsip kepegawaian di BPJS Ketenagakerjaan Cabang Maros. *Jurnal Administrasi Terapan*, 3, 62–79. <https://doi.org/10.33509/admit.v3i1.3531>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D* (69th ed.). Alfabeta, CV.
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Topal, O., Novalija, I., Mladenčić, D., Gobbo, E., & Šemrov, M. Z. (2025). Predicting equine behavior from small datasets using machine learning with LLM-generated explanations. *Applied Animal Behaviour Science*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2025.106863>
- Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T.-P. (2005). *Decision 'astern Cconomy 1edition Support Systems and Intelligent Systems* (7th ed.). Pearson Prentice Hall. https://bambangsuhartono.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/10/decision-support-system-and-intelligent-system-7th-edition-turban_aronson_liang_2005.pdf
- Virzi, R. A. (1992). Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 34(4), 457–468. <https://doi.org/10.1177/001872089203400407>
- Wijayanto, R., Adiyastitie, B. E. T., & Mulatmi, S. N. W. (2023). Evaluasi performa broiler pola kemitraan PT Ciomas Adisatwa dengan sistem closed house. *Journal Animal Research and Applied Science (ARAS)*, 3(1), 18–26. <https://doi.org/10.22219/aras.v3i1.26592>
- Yallah, M. H. H., & Nugroho, Y. S. (2026). Systematic literature review untuk identifikasi tentang penggunaan decision support system. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 5(12), 3673–3681. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.519>
- Yang, J., Jin, H., Tang, R., Han, X., Feng, Q., Jiang, H., Yin, B., & Hu, X. (2023). *Harnessing the power of LLMs in practice: A survey on ChatGPT and beyond*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.13712>

- Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., Min, Y., Zhang, B., Zhang, J., Dong, Z., Du, Y., Yang, C., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, J., Ren, R., Li, Y., Tang, X., Liu, Z., ... Wen, J.-R. (2023). *A survey of large language models*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18223>
- Zhou, Y., & Yang, Y. (2025). Evaluation and evolution of farm animal's biological breeding technology from the perspective of sustainable development: An approach merging LDA and generative artificial intelligence algorithms. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01874-7>

LAMPIRAN

Lampiran 1

Dokumentasi pengujian dan *feedback*





Lampiran 2

Prompt lengkap

```
=====
TUGAS ANDA
=====
Susun laporan analisis breeding Murai Batu sebagai
sistem pendukung keputusan (Decision support System).

Laporan harus disusun secara terstruktur, objektif,
dan berbasis data faktual tanpa spekulasi biologis.

{$konteksKeputusanPeternak}

=====
PRINSIP ANALISIS SISTEM
=====
- Sistem diperbolehkan menarik implikasi manajerial TERBATAS
  berdasarkan hubungan logis antar data.
- Sistem DILARANG memprediksi hasil biologis, genetika,
  kualitas anakan, atau tingkat keberhasilan menetas.
- Sistem hanya menggunakan data yang tersedia di sistem.
- Jika terdapat perbedaan antara riwayat historis dan
  kondisi perilaku saat ini, jelaskan secara objektif.
- Analisis bertujuan membantu pengambilan keputusan peternak,
  bukan menentukan kebenaran biologis berdasarkan data riwayat breeding
  yang tersedia.
- Klasifikasi ini bersifat manajerial dan kontekstual,
  bukan penilaian biologis atau prediksi hasil breeding.

=====
FORMAT LAPORAN
=====

A. Ringkasan Singkat Indukan

- Jantan: {$jantan->nomor_ring} ({$jantan->nama})
Perilaku jantan:
{$perilakuJantan}

- Betina: {$betina->nomor_ring} ({$betina->nama})
Perilaku betina:
{$perilakuBetina}

ATURAN PERILAKU:
- Gunakan nilai Ya/Tidak persis seperti data sistem.
- DILARANG mengubah, menafsirkan ulang,
  atau menambahkan perilaku yang tidak tercatat.
- Jika nilai = Tidak, tuliskan sebagai Tidak.

-----

B. Evaluasi Kecocokan Jantan × Betina

Evaluasi dilakukan berdasarkan aturan perilaku sistem:
```

- Kesiapan jantan:
{ \$kesimpulanJantan }
- Kesiapan betina:
{ \$kesimpulanBetina }

Catatan:

Evaluasi ini berbasis aturan perilaku yang telah ditetapkan sistem dan bukan prediksi hasil *breeding*, genetika, atau kualitas anakan. Interpretasi kecocokan perilaku ini perlu dibaca bersama dengan status pasangan *breeding* berdasarkan riwayat historis, karena indikator perilaku yang sama dapat memiliki makna manajerial yang berbeda pada pasangan baru dan pasangan mapan.

C. Evaluasi Riwayat *breeding* & Interpretasi Manajerial

Tujuan bagian ini adalah mengevaluasi riwayat produksi secara manajerial dan membandingkannya dengan kondisi perilaku indukan saat ini.

1. Konteks Riwayat Produksi Individu Indukan

- Riwayat pasangan ini:
Pasangan ini telah menghasilkan { \$jumlahAnakanPasangan } anakan.

Catatan:

Riwayat produksi individu indukan digunakan sebagai indikator pengalaman reproduksi.

2. Riwayat Perkawinan Pasangan

- Total *trip*: { \$totaltrip }
- *trip* berhasil: { \$totalBerhasil }
- *trip* gagal: { \$totalGagal }
- Tingkat keberhasilan (*success rate*): { \$successRate }%
- Perkawinan terakhir:
 - Tanggal kawin: { \$tanggalKawinTerakhir }
 - Status: { \$statusKawinTerakhir } { \$catatanKawinTerakhir }

Gunakan ringkasan ini untuk:

- menilai apakah hasil *breeding* cenderung konsisten,
- mengidentifikasi pengulangan hasil tanpa perbaikan,
- mendukung keputusan lanjutan secara bertahap.

Jika *trip* terakhir berstatus GAGAL, jelaskan sebagai kondisi risiko yang memerlukan evaluasi segera.

3. Evaluasi Periode *breeding* (*trip*)

Bagian ini menyajikan ringkasan beberapa *trip breeding* terakhir khusus untuk pasangan jantan dan betina yang dianalisis.

Ringkasan 5 *trip* terakhir pasangan ini:
{ \$ringkasantripText }

Catatan:

- *trip breeding* didefinisikan sebagai satu periode perkawinan yang diakhiri dengan ada atau tidaknya hasil anakan.
- Evaluasi ini bersifat deskriptif untuk membantu mengidentifikasi pola hasil *breeding* secara kuantitatif, seperti kecenderungan peningkatan, penurunan, atau kestabilan hasil antar *trip*.
- Apabila jumlah *trip* masih terbatas, hasil evaluasi tidak disimpulkan sebagai pola jangka panjang dan tetap memerlukan pemantauan lanjutan.
- Data ini tidak digunakan untuk prediksi biologis atau genetika.

4. Konteks Historis *trip* Indukan (Pasangan Lain)

4.1 Catatan Karakteristik Anakan

Gunakan data karakteristik anakan hasil pasangan ini:
{ \$kontekstripIndukanLain }
{ \$blokKarakteristik }

Ringkasan Fase Produksi Indukan:
{ \$konteksFaseProduksi }

Sistem WAJIB menggunakan data fase produksi ini untuk memahami apakah indukan menunjukkan:

- pola peningkatan performa,
- pola penurunan performa,
- atau perbedaan performa antar pasangan.

Catatan:

Data ini digunakan sebagai konteks pengalaman reproduksi dan kestabilan hasil *breeding* indukan secara individual. Sistem WAJIB mempertimbangkan konteks ini sebelum menyusun kesimpulan manajerial.

4.2 Evaluasi Karakteristik Anakan

Gunakan data karakteristik anakan yang tersedia untuk menyusun evaluasi kualitatif hasil *breeding* secara objektif dan deskriptif.

Informasi kelengkapan data karakteristik:

- Total anakan pasangan ini:
{ \$coverageKarakteristikPasangan['total_anakan'] }
- Anakan yang sudah memiliki data karakteristik:
{ \$coverageKarakteristikPasangan['anakan_dengan_karakteristik'] }
- Tingkat kelengkapan data karakteristik:
{ \$coverageKarakteristikPasangan['coverage_persen'] }%
- Status kelengkapan data: { \$coverageKarakteristikPasangan['status_label'] }

Jangan hanya mengulang informasi kelengkapan data. Fokus utama bagian ini adalah mengevaluasi pola karakteristik anakan yang tersedia, seperti suara, bentuk tubuh, kondisi fisik, mental, kaki, paruh, mata, atau catatan kesehatan jika ada.

Jika tingkat kelengkapan data belum 100%, sisipkan catatan keterbatasan secara singkat dan natural. Jika tingkat kelengkapan data sudah tinggi, terutama di atas 80%, jelaskan bahwa sebagian besar data sudah tersedia atau bahwa evaluasi memiliki dasar data yang cukup kuat, tetapi tetap berbasis pada data yang tersedia.

Evaluasi karakteristik anakan ini bukan merupakan kesimpulan final terhadap seluruh hasil *breeding* pasangan, melainkan evaluasi kualitatif berdasarkan anakan yang sudah memiliki data karakteristik. Jika masih terdapat anakan yang belum memiliki data karakteristik, jangan menyimpulkan kualitas seluruh anakan secara absolut.

Gunakan frasa seperti:

- "berdasarkan anakan yang telah memiliki data karakteristik"
- "pada data karakteristik yang tersedia"
- "sejauh data yang tercatat"
- "evaluasi ini masih bersifat sementara karena belum seluruh anakan memiliki data karakteristik"

Jika data karakteristik menunjukkan pola positif, jelaskan bahwa pola tersebut terlihat pada anakan yang sudah tercatat, bukan sebagai hasil final untuk seluruh anakan pasangan.

Hindari pengulangan kalimat yang sama dengan ringkasan kelengkapan data di bagian atas dan hindari kesimpulan absolut terhadap seluruh anakan jika masih ada data yang belum tercatat.

Jika terdapat perbedaan hasil karakteristik antara pasangan aktif dan pasangan sebelumnya, jelaskan secara eksplisit.

4.3 Analisis Perbandingan Wajib

Sistem WAJIB melakukan perbandingan eksplisit antara:

- Performa pasangan aktif saat ini
- Performa indukan yang sama dengan pasangan lain sebelumnya

Langkah analisis yang WAJIB dilakukan:

1. Bandingkan tingkat keberhasilan (*success rate*).
2. Bandingkan jumlah *trip* dan konsistensi hasil.
3. Jelaskan apakah performa meningkat, menurun, atau menunjukkan pola berbeda.
4. Jelaskan implikasi manajerial dari perbedaan tersebut.
5. WAJIB menyebut pasangan pembanding secara eksplisit (contoh: "dibandingkan dengan pasangan sebelumnya Cakra × Ratna").
6. DILARANG menyimpulkan faktor genetika atau biologis.

- Tingkat keberhasilan (*success rate*) cukup disebutkan secara eksplisit satu kali.
- Pada bagian selanjutnya gunakan istilah deskriptif seperti: "rendah", "menurun", "konsisten", atau "tidak stabil".
- Hindari pengulangan angka yang sama di lebih dari dua bagian laporan.

Analisis ini harus ditulis sebagai paragraf khusus dan tidak boleh dilewati atau diringkas secara umum.

4.4 Kesimpulan Bagian Ini

Jelaskan status reproduksi pasangan ini secara manajerial berdasarkan:

- Riwayat jumlah *trip*,
- Konsistensi hasil *breeding*,
- Hasil perbandingan dengan pasangan lain.

Dalam kesimpulan ini, sistem wajib menetapkan status pasangan *breeding* secara kontekstual, misalnya sebagai:

- pasangan baru dicoba,
- pasangan menunjukkan kestabilan awal,
- pasangan belum konsisten,
- pasangan memerlukan pengawasan lebih ketat.

Penetapan status pasangan bersifat manajerial dan deskriptif, bukan penilaian biologis dan bukan prediksi keberhasilan *breeding*.

D. Evaluasi Kesiapan Produksi Berdasarkan Perilaku (berdasarkan indikator perilaku Saputro 2016)

Gunakan aturan berikut:

- Jika jantan aktif kicau DAN mendekati betina
→ indikator kesiapan jantan terpenuhi.
- Jika betina nafsu makan meningkat DAN aktif membuat sarang
→ indikator kesiapan betina terpenuhi.
- Jika salah satu indikator bernilai Tidak
→ indikator kesiapan belum lengkap.

Catatan:

Setiap indikator kesiapan yang belum lengkap WAJIB ditindaklanjuti dengan rekomendasi tindakan praktis pada bagian G dan potensi tantangan awal pada bagian H.

E. Risiko & Catatan Manajemen

Sebutkan potensi risiko manajerial yang realistis berdasarkan data perilaku dan riwayat *breeding*, misalnya:

- dominansi jantan,
- stres adaptasi,
- ketidaksiapan lingkungan.

Catatan:

Hindari klaim ekstrem dan hindari prediksi biologis pasti.

F. Rekomendasi Akhir Sistem

(Berbasis Evaluasi Engine + Analisis Manajerial)

Sistem telah melakukan evaluasi kuantitatif berbasis tren historis (20 *trip* terakhir dibanding 5 terbaru).

Rekomendasi awal sistem:

REKOMENDASI: {\$rekomendasiFormat}

Instruksi:

1. Gunakan rekomendasi *engine* ini sebagai dasar utama.
2. Jelaskan alasan keputusan tersebut secara FAKTUAL dan OBJEKTIF dengan mengacu pada data evaluasi *engine* di atas.
 - Prioritaskan penjelasan berdasarkan rule aktif dan alasan rule yang diberikan.
 - Gunakan *success rate*, *delta*, dan tren performa sebagai dasar penjelasan.
 - Sebutkan *trip* yang gagal secara spesifik jika ada.
 - Jika rekomendasi STOP karena *delta* performa negatif, fokuskan pada penurunan *success rate* terbaru vs histori.
3. AI DILARANG mengubah klasifikasi rekomendasi *engine*.
4. AI hanya berfungsi memperjelas alasan manajerial di balik keputusan sistem berdasarkan data evaluasi yang tersedia.
5. Gunakan data evaluasi *engine* hanya sebagai dasar *reasoning* internal. Hasil akhir WAJIB disajikan dalam bentuk narasi natural dan kontekstual, bukan dalam bentuk daftar indikator, *output* debug, atau pengulangan data evaluasi *engine*.
6. Jangan menampilkan ulang label seperti:
 - *Success rate* 20 *trip* terakhir
 - *Delta* performa
 - Data evaluasi *engine*

Gunakan informasi tersebut untuk membangun penjelasan naratif yang mengalir dan mudah dipahami.

7. Penjelasan akhir harus berbentuk paragraf naratif yang menyatukan:
 - histori *breeding*,
 - tingkat keberhasilan,
 - konsistensi performa,
 - kondisi *trip* terbaru,
 - dan tren performake dalam penjelasan yang kontekstual.
8. Jangan menggunakan indikator kesiapan indukan, perilaku mendekat, respon biologis, atau observasi non-historis sebagai dasar utama keputusan, kecuali muncul pada data evaluasi *engine*.

Namun, untuk rekomendasi STOP, AI tetap wajib menambahkan catatan bahwa kegagalan *breeding* dapat dipengaruhi faktor eksternal sebagai konteks manajerial, bukan sebagai penyebab pasti.
9. Jika total *trip* masih rendah atau belum ada histori *breeding*, maka jelaskan bahwa rekomendasi diberikan karena data historis *breeding* belum cukup untuk evaluasi performa.

Jika rekomendasi adalah:

- "lanjut" → jelaskan faktor kestabilan produksi berdasarkan data evaluasi.
- "uji coba" → jelaskan faktor fluktuasi atau ketidakstabilan berdasarkan data evaluasi.
- "stop" → jelaskan indikasi penurunan performa atau risiko berulang berdasarkan data evaluasi.

Aturan khusus untuk narasi rekomendasi STOP:

1. Label rekomendasi tetap STOP karena berasal dari *engine* deterministik, namun narasi WAJIB menjelaskan bahwa rekomendasi ini bersifat pendukung keputusan.
2. Hindari kalimat final seperti:
 - "*pairing* ini tidak layak"
 - "harus dihentikan"
 - "tidak boleh dilanjutkan"
3. Gunakan bahasa seperti:
 - "perlu dipertimbangkan untuk dihentikan sementara"
 - "perlu evaluasi lanjutan sebelum dilanjutkan"
 - "peternak perlu meninjau faktor eksternal sebelum mengambil keputusan akhir"
 - "rekomendasi ini bersifat pendukung keputusan, bukan keputusan mutlak"
4. Jika histori keberhasilan sebelumnya cukup baik, WAJIB jelaskan keseimbangan antara keberhasilan historis dan kegagalan pada *trip* terbaru. Jangan langsung menyimpulkan *pairing* buruk secara absolut.
5. WAJIB sebutkan bahwa kegagalan *breeding* dapat dipengaruhi faktor eksternal seperti kondisi lingkungan, musim *breeding*, cuaca, kondisi fisik indukan, stres indukan, pakan, atau kondisi kandang.
6. Narasi akhir harus menempatkan rekomendasi STOP sebagai ajakan untuk evaluasi manajerial yang lebih hati-hati, bukan vonis akhir terhadap kualitas *pairing* dan disesuaikan dengan poin 5.
7. Untuk rekomendasi STOP, faktor eksternal TIDAK BOLEH disebut secara umum saja. Sistem WAJIB menyebutkannya secara eksplisit di dalam narasi, minimal 3 faktor dari daftar berikut:
 - kondisi lingkungan,
 - musim *breeding*,
 - cuaca,
 - kondisi fisik indukan,
 - stres indukan,
 - pakan,
 - kondisi kandang.
8. Setelah menyebut faktor eksternal, sistem WAJIB memberi konteks manajerial singkat mengapa faktor-faktor tersebut perlu ditinjau pada kasus ini, misalnya karena kegagalan berulang pada *trip* terbaru dapat dipengaruhi oleh perubahan kestabilan kandang, kondisi fisik indukan, atau kualitas perawatan harian. Penjelasan ini harus tetap bersifat hati-hati dan tidak boleh menyatakan faktor eksternal sebagai penyebab pasti.
9. Narasi STOP WAJIB terdiri dari dua lapis penjelasan yang utuh:
 - lapisan pertama menjelaskan data historis dan alasan evaluasi *engine*,
 - lapisan kedua menjelaskan faktor eksternal apa saja yang perlu ditinjau ulang oleh peternak sebelum keputusan akhir diambil.
10. Jika faktor eksternal disebut, gunakan bentuk kalimat natural seperti:
 - "Selain pola kegagalan pada *trip* terbaru, peternak juga perlu meninjau kondisi lingkungan, kondisi fisik indukan, pakan, dan kestabilan kandang..."
 - "Konteks ini penting karena penurunan performa tidak selalu berdiri sendiri dan dapat berkaitan dengan stres indukan, cuaca, atau perubahan manajemen harian..."

Aturan Konsistensi Penjelasan:

1. Penjelasan WAJIB konsisten dengan data historis yang tersedia.
2. Jika data menunjukkan kondisi stabil (*success rate* tinggi, tidak ada kegagalan, dan tren tidak menurun), maka JANGAN menyatakan bahwa performa perlu ditingkatkan atau tidak stabil.
3. Jangan membuat penilaian negatif atau perbaikan jika tidak ada indikator yang mendukung dalam data.
4. Jangan menambahkan asumsi di luar indikator evaluasi berbasis data historis.
5. Jika ada mengarahkan perbandingan dengan pasangan sebelumnya, diberitahu nama dan nomor ringnya, jangan hanya sebelumnya, dan berlakukan ini ke semua yang membahas pasangan sebelumnya.
6. Gunakan istilah:
 - "stabil" jika performa tinggi dan konsisten
 - "fluktuatif" jika performa tidak konsisten
 - "menurun" jika terdapat tren penurunan atau kegagalan yang sering terjadi

Catatan:

Rekomendasi ini bersifat manajerial dan kontekstual, bukan prediksi biologis.

G. Rekomendasi Tindakan Praktis (Berbasis Perilaku + Konteks Historis)

Bagian ini menyajikan rekomendasi tindakan manajerial yang disusun dengan mempertimbangkan:

1. Indikator perilaku saat ini,
2. Riwayat *trip* pasangan aktif,
3. Tren performa historis,
4. Fase produksi indukan pada pasangan lain,
5. Hasil perbandingan yang telah dianalisis pada bagian 3.

Instruksi penyusunan:

1. Evaluasi Perilaku
 - Identifikasi indikator yang bernilai "Tidak".
 - Jika ada indikator belum terpenuhi, berikan tindakan korektif spesifik beserta durasi pengamatan dan waktu evaluasi ulang.
2. Evaluasi Konteks Historis
 - Jika seluruh indikator bernilai "Ya", sistem TIDAK BOLEH langsung menyimpulkan bahwa tidak diperlukan tindakan.
3. Sistem WAJIB mengevaluasi:
 - apakah performa pasangan aktif menurun,
 - apakah pasangan sebelumnya lebih stabil,
 - apakah terdapat pola kegagalan berulang.

Jika terdapat:

- penurunan performa,
- ketidakstabilan hasil,
- atau perbedaan signifikan dibanding pasangan lain,

maka rekomendasi harus mencerminkan

pengawasan tambahan, jeda *pairing*, atau evaluasi manajemen kandang, meskipun indikator perilaku saat ini terpenuhi.

4. Jika performa stabil DAN indikator perilaku terpenuhi, jelaskan bahwa cukup dilakukan pemantauan rutin.

Catatan penting:

- Rekomendasi bersifat manajerial dan kontekstual.
- Tidak boleh bertentangan dengan rekomendasi *engine* pada bagian F.
- Tidak boleh menyimpulkan faktor genetika atau biologis.
- Rekomendasi harus konsisten dengan tren historis yang telah dijelaskan.
- Sistem WAJIB konsisten dengan bagian D dan tidak boleh menyatakan indikator terpenuhi jika sebelumnya dinyatakan tidak terpenuhi.

H. Potensi Tantangan Awal

Bagian ini menjelaskan potensi tantangan awal yang dapat muncul berdasarkan indikator perilaku yang belum terpenuhi pada pasangan indukan yang dianalisis.

Langkah penyusunan:

1. Identifikasi indikator perilaku yang bernilai "Tidak".
2. Untuk setiap indikator tersebut, jelaskan tantangan awal yang secara umum dapat muncul di kandang.
3. Jika seluruh indikator bernilai "Ya", jelaskan bahwa tidak terdapat tantangan awal yang signifikan, namun pemantauan rutin tetap disarankan.

Catatan:

Tantangan yang disampaikan bersifat sinyal awal, bukan penentu kegagalan *breeding*, dan perlu disikapi dengan pengamatan bertahap sebelum diambil keputusan lanjutan.

I. Early Warning - Kondisi Stop *pairing*

Berikan batasan kondisi kapan *pairing* perlu dihentikan sementara, seperti:

- terdapat agresivitas jantan yang berulang,
- penurunan kondisi betina,
- tidak ada respon interaksi dalam 30 hari,
- luka fisik atau tanda stres berat.

=====

BATASAN BAHASA

=====

- Gunakan bahasa profesional, objektif, dan instruktif.
- DILARANG menggunakan kata: "mungkin", "diperkirakan", "berpotensi secara genetika", atau istilah spekulatif lain.
- Fokus pada keputusan berbasis data sistem dan aturan perilaku.
- Rekomendasi sistem bersifat pendukung keputusan dan tetap memerlukan observasi lapangan oleh peternak.