

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI ALGORITMA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
(AHP) PADA MESIN PENETASAN TELUR AYAM BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

DISUSUN OLEH

SUCI INDAH ISMANA

2109020052



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2025

**IMPLEMENTASI ALGORITMA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
(AHP) PADA MESIN PENETASAN TELUR AYAM BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu
Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

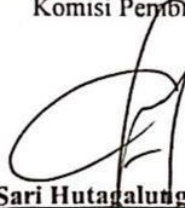
**SUCI INDAH ISMANA
NPM. 2109020052**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Implementasi Algoritma Analytic Hierarchy Process
(AHP) pada Mesin Pencetakan Telur Ayam Berbasis
Internet of Things (IoT)
Nama Mahasiswa : Suci Indah Ismana
NPM : 2109020052
Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.kom)
NIDN. 0109039302

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.kom)
NIDN. 0109039302



Dekan



(Dr. Al-Kholwarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

**IMPLEMENTASI ALGORITMA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
(AHP) PADA MESIN PENETASAN TELUR AYAM BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 12 April 2025

Yang membuat pernyataan



Suci Indah Ismana

NPM. 2109020052

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Suci Indah Ismana
NPM	: 2109020052
Program Studi	: Teknologi Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**IMPLEMENTASI ALGORITMA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
(AHP) PADA MESIN PENETASAN TELUR AYAM BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 12 April 2025

Yang membuat pernyataan



Suci Indah Ismana

NPM. 2109020052

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Suci Indah Ismana
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 28 Oktober 2003
Alamat Rumah : Jl. Citandui Barat No. 15
Telepon/Faks/HP : 082165337967
E-mail : sucis508@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SD Al-Washliyah 1/33	TAMAT: 2015
SMP	: SMP Negeri 5 Medan	TAMAT: 2018
SMA	: SMKN 13 Medan	TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Implementasi Algoritma Analytic Hierarchy Process (AHP) pada Mesin Penetasan Telur Ayam Berbasis Internet of Things (IoT)”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI), Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Bapak Halim Maulana, S.T., M.Kom., selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
4. Bapak Lutfi Basit, S.Sos., M.I.Kom., selaku Wakil Dekan II Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi serta dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, dan saran yang berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Mhd. Basri, S.Si., M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi.
7. Dosen-dosen Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas ilmu yang diberikan selama masa perkuliahan.

8. Seluruh staf akademik Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas fasilitas dan dukungan administratif yang diberikan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
9. Orang tua tercinta Bapak Rudi Ismana dan Ibu Leliani yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam segala keadaan. Kakak-kakak saya tersayang Elfriliani Ismana dan Putri Ismana S.Sos yang telah memberikan semangat.
10. Sepupu seperjuangan yaitu Sufina Intan Pertiwi yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam keadaan apapun.
11. Member digital forensik yaitu Aqilah Tahara, Julia Namira Nasution, Laila Salsabila, Dea Ikwa Cahya Syahfitri, Umi Khoirunnisa, Farah Zhafira Munthe yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama masa perkuliahan.
12. Teman dari masa SMK yaitu Adellia Ramadhan dan Dwina Murniati yang telah memberikan semangat kepada penulis.
13. Teman-teman seperjuangan B1-Teknologi Informasi stambuk 2021, yang selalu memberikan dukungan moral, semangat, dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menerima saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan di masa mendatang. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Teknologi Informasi, serta menjadi inspirasi bagi pembaca.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

Medan, 12 April 2025

Penulis



Suci Indah Ismana

IMPLEMENTASI ALGORITMA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PADA MESIN PENETASAN TELUR AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

ABSTRAK

Penetasan telur ayam merupakan proses yang membutuhkan pengaturan suhu, kelembapan, rotasi telur, dan waktu secara presisi agar menghasilkan tingkat keberhasilan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dalam sistem mesin penetasan telur ayam berbasis *Internet of Things* (IoT). AHP digunakan untuk menentukan prioritas optimal dalam pengaturan parameter berdasarkan kriteria utama seperti suhu, kelembapan, dan rotasi telur. Sistem terdiri atas perangkat keras berupa sensor suhu dan kelembapan yang terhubung dengan modul IoT untuk memonitor dan mengontrol kondisi mesin secara real-time. Data dari sensor dikirim ke platform web, di mana algoritma AHP diterapkan untuk menghasilkan rekomendasi pengaturan optimal. Pengujian dilakukan pada lima butir telur ayam dengan berbagai skenario lingkungan, seperti kondisi suhu rendah, kelembapan tinggi, dan rotasi telur tidak merata. Sistem secara adaptif menyesuaikan pengaturan untuk menjaga kestabilan lingkungan penetasan. Sebagai perbandingan, metode penetasan konvensional menggunakan induk ayam cenderung tidak stabil karena suhu dan kelembapan bergantung pada kondisi alam, serta proses penetasan memakan waktu hingga ± 21 hari. Selain itu, induk ayam sering meninggalkan sarang untuk mencari makan dan minum, yang menyebabkan turunnya peluang menetas. Dengan mesin tetas berbasis AHP-IoT, telur tetap berada dalam kondisi optimal secara terus-menerus sehingga waktu penetasan dapat dipercepat menjadi ± 19 hari. Hasil implementasi menunjukkan tingkat keberhasilan penetasan mencapai 80%–90%, jauh lebih tinggi dibandingkan metode konvensional yang hanya 50%–60%. Integrasi teknologi IoT dan algoritma AHP memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan proses penetasan secara jarak jauh melalui web. Penelitian ini memberikan kontribusi sebagai solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam industri peternakan.

Kata Kunci: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Internet of Things* (IoT), mesin penetasan telur ayam, sistem cerdas, efisiensi penetasan

IMPLEMENTATION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) ALGORITHM ON AN INTERNET OF THINGS (IOT) BASED CHICKEN EGG HATCHING MACHINE

ABSTRACT

Hatching chicken eggs is a process that requires precise control of temperature, humidity, egg rotation, and time to achieve a high success rate. This study aims to implement the Analytic Hierarchy Process (AHP) algorithm in an Internet of Things (IoT)-based chicken egg hatching machine system. AHP is used to determine the optimal priority in setting parameters based on key criteria such as temperature, humidity, and egg rotation. The system consists of hardware in the form of temperature and humidity sensors connected to an IoT module to monitor and control machine conditions in real time. Data from the sensors is sent to a web platform, where the AHP algorithm is applied to generate optimal setting recommendations. Testing was carried out on five chicken eggs with various environmental scenarios, such as low temperature, high humidity, and uneven egg rotation. The system adaptively adjusts the settings to maintain the stability of the hatching environment. In comparison, conventional hatching methods using mother hens tend to be unstable because temperature and humidity depend on natural conditions, and the hatching process takes up to ± 21 days. In addition, mother hens often leave the nest to look for food and drink, which reduces the chances of hatching. With the AHP-IoT based incubator, eggs remain in optimal condition continuously so that hatching time can be accelerated to ± 19 days. The implementation results show a hatching success rate of 80%-90%, much higher than conventional methods which are only 50%-60%. The integration of IoT technology and AHP algorithms allows users to monitor and control the hatching process remotely via the web. This research contributes as an innovative solution that can increase efficiency and productivity in the livestock industry.

Keywords: *Analytic Hierarchy Process (AHP), Internet of Things (IoT), chicken egg incubator, intelligent system, hatching efficiency*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Sistem Pendukung Keputusan (SPK)	5
2.2 Mesin Tetas Otomatis.....	5
2.3 Pemilihan Sampel Telur	6
2.4 Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)	10
2.5 Internet of Things (IoT).....	11
2.5.1 Perangkat Keras (Hardware)	12
2.5.2 Perangkat Lunak (Software).....	18
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Desain Penelitian	20
3.1.1 Analisis Masalah	21
3.1.2 Studi Literatur	22
3.1.3 Pengumpulan Data	22
3.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	24
3.3 Perancangan Arsitektur Sistem.....	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28

4.1 Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	28
4.2 Desain Rangkaian Keseluruhan	29
4.3 Hasil Pengujian	29
4.3.1 Pengujian Sensor	30
4.4 Data Kriteria dan Bobot	41
4.4.1 Kriteria.....	41
4.4.2 Bobot	41
4.5 Proses Perhitungan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)	41
4.6 Hasil Pengujian Sistem pada Metode Analytic Hierarchy Processs (AHP)	53
4.6.1 Halaman Login.....	53
4.6.2 Halaman Dashboard	53
4.6.3 Halaman Alternatif.....	54
4.6.4 Halaman Prioritas.....	54
4.6.5 Halaman Tabel Keputusan	54
4.6.6 Halaman Hasil Perhitungan.....	55
4.7 Cara Kerja Mesin Tetas.....	56
4.8 Perbandingan Penetasan Konvensional dan Mesin Tetas Otomatis.....	56
4.9 Solusi Pemadaman Listrik: Menjaga Suhu dan Kelembapan	
Mesin Tetas Secara Manual	57
4.10 Manajemen Telur Ayam	59
4.10.1 Seleksi Telur Ayam.....	59
4.10.2 Penyimpanan Telur Ayam.....	60
4.10.3 Penempatan Telur Ayam dalam Mesin Tetas	60
4.10.4 Rotasi Telur.....	60
4.10.5 Pemantauan Harian	61
4.10.6 Identifikasi Telur Fertil	61
4.10.7 Proses Candling (Peneropongan Telur)	61
4.10.7.1 Klasifikasi Hasil Candling.....	62
4.10.8 Hasil Akhir Penetasan Telur Ayam.....	64
BAB V PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Perbandingan Ayam Siam, Ayam Kampung, dan Ayam Ras Eropa.....	9
Tabel 3.1 Kriteria Kondisi Lingkungan Inkubasi	23
Tabel 4.1 Kriteria	41
Tabel 4.2 Bobot.....	41
Tabel 4.3 Data Matriks Perbandingan Berpasangan.....	42
Tabel 4.4 Data Pembagian Jumlah Kolom	43
Tabel 4.5 Data Rata-Rata Bobor Prioritas	43
Tabel 4.6 Data Hasil Jumlah Baris	43
Tabel 4.7 Data Random Index (RI).....	44
Tabel 4.8 Data Perhitungan Metode AHP	44
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Penentuan pada Mesin Tetas	52
Tabel 4.10 Perbandingan Metode Penetasan	57
Tabel 4.11 Klasifikasi Hasil Candling	64

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1 Mesin Tetes Otomatis	5
Gambar 2.2 Telur Ayam	7
Gambar 2.3 Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT11).....	12
Gambar 2.4 Bola Lampu.....	13
Gambar 2.5 Kipas DC.....	14
Gambar 2.6 Mikrokontroler ESP32	14
Gambar 2.7 Breadboard.....	15
Gambar 2.8 Kabel Jumper	16
Gambar 2.9 Kabel Mikro USB	16
Gambar 2.10 Liquid Crystal Display (LCD) I2C 16x2	17
Gambar 2.11 Motor Servo MG955.....	17
Gambar 2.12 Mesin Tetes	18
Gambar 2.13 Reservoir atau Wadah Air.....	18
Gambar 3.1 Alur Penelitian	20
Gambar 3.2 Rancangan Arsitektur Sistem.....	25
Gambar 3.3 Flowchart Analytic Hierarchy Process	26
Gambar 4.1 Perancangan Perangkat Keras	28
Gambar 4.2 Bagian dalam Mesin Tetes.....	28
Gambar 4.3 Desain Rangkaian Keseluruhan	29
Gambar 4.4 Pengujian Telur Ayam Hari ke-1	30
Gambar 4.5 Pengujian Telur Ayam Hari ke-2	30
Gambar 4.6 Pengujian Telur Ayam Hari ke-3.....	31
Gambar 4.7 Pengujian Telur Ayam Hari ke-4	32
Gambar 4.8 Pengujian Telur Ayam Hari ke-5.....	32
Gambar 4.9 Pengujian Telur Ayam Hari ke-6.....	33
Gambar 4.10 Pengujian Telur Ayam Hari ke-7	33
Gambar 4.11 Pengujian Telur Ayam Hari ke-8.....	34
Gambar 4.12 Pengujian Telur Ayam Hari ke-9.....	34
Gambar 4.13 Pengujian Telur Ayam Hari ke-10.....	35
Gambar 4.14 Pengujian Telur Ayam Hari ke-11	36
Gambar 4.15 Pengujian Telur Ayam Hari ke-12	36
Gambar 4.16 Pengujian Telur Ayam Hari ke-13	37

Gambar 4.17 Pengujian Telur Ayam Hari ke-14	37
Gambar 4.18 Pengujian Telur Ayam Hari ke-15	38
Gambar 4.19 Pengujian Telur Ayam Hari ke-16	38
Gambar 4.20 Pengujian Telur Ayam Hari ke-17	39
Gambar 4.21 Pengujian Telur Ayam Hari ke-18	40
Gambar 4.22 Pengujian Telur Ayam Hari ke-19	40
Gambar 4.23 Halaman Login.....	53
Gambar 4.24 Halaman Dashboard	53
Gambar 4.25 Halaman Alternatif.....	54
Gambar 4.26 Halaman Prioritas.....	54
Gambar 4.27 Halaman Tabel Keputusan	55
Gambar 4.28 Halaman Hasil Perhitungan	55
Gambar 4.29 Telur Infertil.....	62
Gambar 4.30 Telur Fertil	63
Gambar 4.31 Embrio Mati Dini (Early Death)	64
Gambar 4.32 Day Old Chick (DOC)/Anak Ayam Umur Satu Hari	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri peternakan, khususnya peternakan unggas, memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat di Indonesia, terutama dalam menyediakan sumber protein hewani seperti daging ayam dan telur. Seiring dengan meningkatnya permintaan produk unggas, sektor ini terus mengalami perkembangan dan menjadi salah satu peluang usaha yang menjanjikan. Peluang bisnis dalam industri peternakan unggas cukup terbuka lebar bagi pengusaha yang berminat menggelutinya, tidak hanya terbatas pada pengolahan hasil ternak, tetapi juga mencakup berbagai aspek lainnya, yaitu penyediaan bibit unggas berkualitas (Hermawan, 2020: 3).

Salah satu tahapan penting dalam peternakan unggas adalah proses penetasan telur ayam yang membutuhkan perhatian khusus terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, ventilasi, dan waktu inkubasi. Penetasan yang dilakukan secara konvensional sering kali tidak efisien karena membutuhkan pengawasan intensif dan akurasi tinggi dalam menjaga kondisi inkubasi. Ketidakmampuan dalam mengelola parameter ini dapat menyebabkan rendahnya tingkat keberhasilan penetasan yang berdampak pada produktivitas peternakan.

Seiring perkembangan teknologi, penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam bidang peternakan memberikan peluang untuk menciptakan sistem penetasan telur ayam yang lebih cerdas, otomatis, dan terukur. IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian mesin penetasan secara real-time, sehingga pengguna dapat memastikan parameter penetasan selalu berada dalam kondisi optimal.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengaturan parameter penetasan adalah *Analytic Hierarchy Process* (AHP). AHP merupakan algoritma berbasis multi-kriteria yang mampu memberikan solusi optimal dengan mempertimbangkan berbagai faktor penting seperti suhu, kelembapan, dan rotasi telur. Dengan mengintegrasikan AHP ke dalam sistem berbasis IoT, pengguna dapat membuat keputusan yang lebih tepat untuk mengatur kondisi mesin secara otomatis dan berbasis data.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem penetasan telur ayam berbasis IoT yang dilengkapi dengan algoritma AHP. Sistem ini dirancang untuk memberikan rekomendasi optimal dalam pengaturan parameter

penetasan, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperbaiki tingkat keberhasilan penetasan telur ayam. Dengan inovasi ini, diharapkan dapat mendukung peternak dalam meningkatkan produktivitas serta mengurangi risiko kegagalan akibat kondisi mesin tetas yang tidak stabil.

Implementasi AHP dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari pengumpulan data suhu dan kelembapan menggunakan sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Data dikirim ke database melalui koneksi internet dan dianalisis menggunakan metode AHP. Kriteria utama dalam proses penetasan, seperti suhu, kelembapan, dan rotasi telur, diberi bobot berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap keberhasilan penetasan, dengan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) untuk menghasilkan matriks keputusan. Bobot dihitung melalui normalisasi matriks dan diuji konsistensinya menggunakan nilai *Consistency Ratio* (CR). Perhitungan ini membantu menentukan apakah kondisi lingkungan mesin tetas sudah optimal atau perlu disesuaikan. Dengan menggunakan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dan perhitungan bobot, AHP membantu sistem mengambil keputusan secara lebih sistematis, objektif, dan berbasis data. AHP memiliki *Consistency Ratio* (CR) yang memastikan bahwa perbandingan yang dibuat dalam menentukan parameter mesin tetas tidak bersifat subjektif atau inkonsisten. Jika nilai CR tinggi, maka penyesuaian kembali terhadap parameter dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

IoT berperan sebagai pengumpul data real-time dari mesin tetas, yang menjadi input dalam perhitungan AHP. Berdasarkan hasil perhitungan AHP, sistem dapat mengambil keputusan otomatis seperti menyesuaikan suhu, kelembapan, atau mengaktifkan kipas/heater agar tercipta kondisi optimal. Seluruh data dan hasil analisis dapat diakses melalui web, memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol mesin dari jarak jauh.

Sistem ini telah diuji menggunakan lima butir telur ayam Siam dalam beberapa skenario lingkungan berbeda, seperti kondisi suhu rendah, kelembapan tinggi, dan rotasi telur tidak merata. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan penetasan mencapai 80%–90%, jauh lebih tinggi dibandingkan metode konvensional yang hanya 50%–60%. Selain itu, waktu penetasan juga dapat dipercepat dari ± 21 hari menjadi ± 19 hari, berkat kestabilan kondisi inkubasi yang dijaga oleh sistem otomatis.

Berdasarkan permasalahan dan potensi yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem yang berjudul **“Implementasi Algoritma Analytic Hierarchy Process (AHP) pada Mesin Penetasan Telur Ayam Berbasis Internet of Things (IoT)”**. Diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi inovatif yang

mampu meningkatkan keberhasilan penetasan telur ayam sekaligus memberikan kemudahan bagi peternak dalam mengontrol dan mengelola proses penetasan secara efisien dan modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

Merancang dan mengembangkan sistem mesin penetasan telur ayam berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau serta mengendalikan parameter penetasan secara real-time melalui web. Fokus penelitian diarahkan pada penerapan algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) sebagai metode untuk menentukan prioritas pengaturan suhu, kelembapan, dan rotasi telur guna meningkatkan keberhasilan proses penetasan. Sistem diuji menggunakan prototipe mesin penetasan berskala kecil berukuran 30x30x30 cm dengan kapasitas maksimum sepuluh telur ayam Siam, dan pengujian dilakukan pada lima telur ayam Siam. Pemilihan telur ayam Siam didasarkan pada ketersediaan yang melimpah dan mudah ditemukan, sehingga sesuai untuk pengujian eksperimental dengan inkubasi standar ± 21 hari. Penelitian ini juga mengkaji bagaimana integrasi perangkat keras dan perangkat lunak mampu mendukung pengambilan keputusan otomatis serta memberikan akses pemantauan dan kontrol mesin secara jarak jauh melalui web.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dilakukan pada mesin penetasan telur ayam Siam dengan konsentrasi pada tiga parameter utama yang memengaruhi tingkat keberhasilan penetasan, yaitu suhu, kelembapan, dan rotasi telur. Algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) diterapkan untuk menentukan prioritas dalam pengaturan ketiga parameter tersebut. Sistem yang dibangun berbasis *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian mesin secara real-time melalui web. Pengujian dilakukan menggunakan prototipe mesin penetasan berukuran 30x30x30 cm dengan kapasitas maksimal sepuluh telur ayam Siam, tetapi hanya digunakan lima telur ayam Siam dalam uji coba. Telur ayam Siam dipilih karena sifatnya yang mudah diperoleh dan umum digunakan dalam peternakan rakyat, sehingga cocok untuk penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem mesin penetasan telur ayam yang berbasis IoT dan dilengkapi dengan algoritma AHP sebagai metode pengambilan keputusan dalam pengaturan parameter penetasan. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan penetasan dengan cara mengoptimalkan suhu, kelembapan, dan rotasi telur secara otomatis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji efektivitas sistem pada prototipe skala kecil menggunakan telur ayam Siam sebagai objek uji coba, serta mengembangkan web yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan dan pengendalian mesin secara jarak jauh.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam bidang peternakan unggas, khususnya dalam proses penetasan telur. Dengan adanya sistem berbasis IoT yang terintegrasi dengan algoritma AHP, peternak dapat dengan mudah memantau dan mengontrol mesin penetasan secara otomatis dan akurat. Penelitian ini juga memberikan pendekatan yang sistematis dalam pengambilan keputusan pengaturan lingkungan penetasan. Selain itu, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas peternakan, serta menjadi referensi dalam pengembangan teknologi serupa untuk skala yang lebih besar atau jenis unggas lainnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pendukung Keputusan (SPK)

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu pengambilan keputusan sebagai cara pemecahan masalah. SPK menggabungkan data, model analitis, dan antarmuka pengguna untuk memberikan rekomendasi atau solusi atas suatu masalah. Dalam penelitian ini, SPK digunakan untuk menentukan parameter optimal dalam penetasan telur ayam, dengan memanfaatkan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) sebagai model pengambilan keputusan. SPK membutuhkan teknologi informasi, hal ini dikarenakan adanya era globalisasi, yang menuntut untuk bergerak cepat dalam mengambil suatu keputusan dan tindakan (Marsono, 2020).

2.2 Mesin Tetas Otomatis

Mesin tetas otomatis berbentuk peti, lemari, atau kotak dengan desain yang lebih canggih, sehingga panas tidak terbuang sia-sia. Suhu di dalam dapat diatur sesuai dengan derajat yang dibutuhkan selama masa penetasan. Mesin tetas otomatis adalah alat yang dirancang untuk meniru kondisi alami induk ayam dalam menetas telur. Mesin ini mengatur parameter penting, seperti suhu, kelembapan, dan rotasi telur untuk memastikan perkembangan embrio berlangsung optimal. Mesin tetas dilengkapi dengan sensor dan sistem kontrol otomatis untuk meningkatkan keberhasilan penetasan. Mesin tetas telur ayam otomatis dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mesin Tetas Otomatis

Sumber: Google

Mesin tetas otomatis yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kapasitas maksimum sepuluh butir telur ayam Siam. Namun demikian, proses pengujian hanya dilakukan terhadap lima butir telur ayam Siam. Pemilihan jumlah ini didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertama, keterbatasan ketersediaan telur ayam Siam, karena sebagian besar telur telah dierami oleh empat induk ayam yang berasal dari ternak pribadi peneliti. Kedua, jumlah tersebut dipilih untuk memastikan efisiensi proses uji coba, mengingat fokus penelitian ini terletak pada pengujian kinerja mesin tetas otomatis dalam mengontrol suhu, kelembaban, dan pembalikan telur secara presisi, bukan pada kuantitas produksi. Ketiga, pada tahap awal implementasi sistem, penggunaan jumlah sampel yang lebih sedikit membantu meminimalkan risiko kegagalan serta mendukung pelaksanaan eksperimen secara lebih akurat dan efisien dalam rangka menguji keandalan sistem penetasan otomatis berbasis IoT dan algoritma AHP. Selain itu, peneliti juga tidak menggunakan telur ayam Siam yang diperoleh dari pasar tradisional, karena pengambilan sampel harus dilakukan secara selektif guna memastikan kualitas telur yang digunakan dalam penelitian, termasuk kesegaran dan potensi fertilitasnya. Pemilihan telur yang tepat sangat penting dalam proses inkubasi, karena telur yang infertil, sudah terlalu lama disimpan, atau mengalami kerusakan fisik dapat mengganggu keakuratan hasil pengujian serta menurunkan tingkat keberhasilan penetasan (Dewi et al., 2017). Menurut Nugroho (2003), untuk meningkatkan kualitas bibit unggas, perlu dilakukan seleksi yang ketat terhadap telur tetas sebelum proses penetasan, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti umur induk dan kondisi fisik telur.

2.3 Pemilihan Sampel Telur

Telur ayam adalah salah satu sumber protein yang penting dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Dalam konteks penetasan, kualitas telur sangat memengaruhi tingkat keberhasilan. Faktor-faktor lain seperti umur telur dan kondisi embrio harus diperhatikan. Proses penetasan memerlukan suhu sekitar 37,5°C - 38,5°C dan kelembapan yang terkontrol selama ± 21 hari, dengan rotasi telur secara berkala setiap 3 jam sekali selama 24 jam penuh untuk mencegah embrio menempel pada cangkang.



Gambar 2.2 Telur Ayam

Sumber: Google

Penelitian ini menggunakan telur ayam Siam sebagai objek utama dalam proses pengujian mesin penetasan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Pemilihan jenis telur ini didasarkan pada beberapa alasan. Telur ayam Siam memiliki ukuran yang relatif seragam, sehingga memudahkan proses pengujian yang konsisten dan valid. Dari segi karakteristik biologis, telur ayam Siam cenderung tidak memerlukan penanganan inkubasi yang kompleks. Berbeda dengan telur ayam kampung yang memerlukan kelembapan alami, atau telur ayam ras Eropa yang umumnya membutuhkan kontrol suhu dan sirkulasi udara yang sangat presisi. Telur ayam Siam lebih fleksibel terhadap kondisi inkubasi buatan. Hal ini menjadikannya cocok untuk uji coba sistem mesin tetas otomatis. Selain itu, ayam Siam termasuk jenis ayam yang umum dibudidayakan oleh peternak di Indonesia, sehingga hasil penelitian ini diharapkan lebih aplikatif dan relevan bagi kalangan peternak lokal. Pertimbangan lainnya adalah dari sisi ketersediaan dan efisiensi biaya. Telur ayam Siam mudah diperoleh di lingkungan sekitar peternak lokal maupun pasar tradisional dengan harga yang relatif terjangkau. Dalam konteks penelitian ini, telur yang digunakan juga merupakan milik pribadi peneliti, sehingga memudahkan proses pengadaan sampel dan memastikan keterjaminan kualitas serta riwayat telur sejak awal. Dengan berbagai pertimbangan tersebut, penggunaan telur ayam Siam sebagai objek uji dianggap tepat untuk mendukung tujuan dan ruang lingkup penelitian ini, khususnya dalam konteks pengembangan sistem cerdas penetasan telur berbasis IoT dan AHP pada mesin tetas otomatis.

Proses pengeraman telur pada ayam memiliki variasi tergantung pada ras, karakteristik genetik, dan adaptasi lingkungan. Ayam Siam dan ayam kampung mampu mengerami telur selama ± 21 hari dengan menjaga suhu tubuh secara

konsisten sekitar 37,5°C–38,5°C serta tingkat kelembapan yang mendukung perkembangan embrio. Ayam kampung umumnya menunjukkan perilaku pengeraman yang lebih stabil, konsisten, dan tidak mudah terganggu, dibandingkan ayam Siam karena lebih banyak dikembangkan sebagai ayam aduan atau ayam hias. Ketika mengeram, ayam Siam cenderung meninggalkan sarang akibat terganggu oleh perubahan lingkungan atau suara bising. Meskipun demikian, ayam Siam tetap mampu menyelesaikan pengeraman apabila kondisi kandang mendukung dan bebas stres.

Sementara itu, ayam ras Eropa telah mengalami rekayasa genetik untuk meningkatkan produktivitas telur, sebagai konsekuensinya, insting mengeram sangat rendah atau bahkan hilang sama sekali. Oleh karena itu, telur ayam ras Eropa umumnya memerlukan mesin tetas atau inkubator untuk proses penetasan. Telur ayam ras Eropa juga memiliki kulit yang lebih tebal dan berwarna kecokelatan, sehingga membutuhkan pengaturan suhu dan kelembapan yang lebih presisi agar hasil penetasan optimal. Hal ini berbeda dengan ayam kampung dan ayam Siam yang lebih adaptif terhadap fluktuasi suhu alami.

Perbandingan ketiga jenis ayam ini dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Perbandingan Ayam Siam, Ayam Kampung, dan Ayam Ras Eropa

Aspek	Ayam Siam	Ayam Kampung	Ayam Ras Eropa
Naluri mengeram	Ada, tetapi kurang stabil dan tidak konsisten	Kuat, stabil, dan konsisten	Sangat lemah atau tidak ada
Periode pengeraman	±21 hari	±21 hari	±21 hari
Suhu optimal pengeraman	37,5°C–38,5°C	37,5°C–38,5°C	37,5°C–39°C
Kelembapan optimal	50%-60%	50%-60%	55%-65%
Perlu mesin tetas	Tidak wajib, tergantung kondisi ayam dan lingkungan	Tidak perlu	Ya, karena tidak mengeram secara alami
Kesesuaian untuk penelitian	Sesuai untuk mesin tetas otomatis	Kurang sesuai karena memerlukan kelembapan alami dari induk ayam	Sangat ideal untuk diterapkan pada mesin tetas otomatis, namun pelaksanaannya memerlukan pengendalian suhu dan sirkulasi udara yang sangat presisi guna memastikan kondisi mesin yang optimal. Selain itu, proses penerawangan embrio pada telur dengan cangkang berwarna kecokelatan memerlukan intensitas cahaya

			yang tinggi dan harus dilakukan di dalam ruangan dengan tingkat kegelapan yang maksimal, agar visibilitas embrio dapat terjaga dengan baik serta mendukung akurasi evaluasi perkembangan embrio
Ketersediaan di pasaran	Tersedia dalam jumlah banyak dan harga terjangkau	Jarang tersedia dan harga mahal	Sangat terbatas untuk dijadikan objek penetasan, karena umumnya dipasarkan untuk konsumsi dan memiliki harga jual yang relatif lebih tinggi
Ukuran anak ayam	Umumnya memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dan postur yang lebih kuat, terutama apabila berasal dari garis keturunan ayam aduan	Memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil, namun menunjukkan tingkat kelincahan yang tinggi serta kemampuan adaptasi yang cepat terhadap lingkungan	Memiliki postur tubuh yang besar dan kondisi fisik yang kuat

2.4 Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, professor matematika

University of Pittsburgh. Metode ini membantu dalam menentukan prioritas dengan cara membandingkan kriteria secara berpasangan (*pairwise comparison*) dari semua elemen yang ada dengan tujuan menghasilkan skala kepentingan relatif dari masing-masing elemen. Penilaian akan menghasilkan sebuah skala penilaian berupa angka.

Pemilihan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dalam penelitian ini karena mampu menangani permasalahan pengambilan keputusan yang bersifat kompleks, dengan melibatkan banyak kriteria yang mempengaruhi hasil akhir. Dalam konteks sistem penetasan telur ayam, parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan frekuensi rotasi telur memiliki kontribusi yang signifikan terhadap tingkat keberhasilan penetasan. Ketiga parameter tersebut tidak dapat dipertimbangkan secara terpisah, melainkan perlu dianalisis secara simultan dan terstruktur. AHP memiliki keunggulan dalam membangun struktur hierarki dari suatu permasalahan yang kompleks, kemudian mengkonversi penilaian kualitatif menjadi data kuantitatif melalui teknik *pairwise comparison* (Saaty, 1980).

Salah satu alasan penting dalam penggunaan AHP adalah kemampuannya untuk menghitung bobot prioritas dari setiap kriteria berdasarkan tingkat kepentingan relatifnya, sehingga sistem dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dan objektif. Dalam implementasinya, AHP juga memungkinkan dilakukannya pengujian konsistensi melalui nilai *Consistency Ratio* (CR). Jika nilai CR berada di bawah 0,1, maka penilaian dianggap konsisten. Fitur ini menjadikan AHP tidak hanya akurat secara matematis, tetapi juga logis secara metodologis (Saaty, 1990).

Dalam penelitian ini, AHP diintegrasikan dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk membantu sistem penetasan telur ayam dalam menentukan pengaturan parameter lingkungan secara otomatis dan real-time. Data yang diperoleh dari sensor suhu dan kelembapan diproses menggunakan algoritma AHP untuk menghasilkan rekomendasi pengaturan yang optimal. Dengan pendekatan ini, sistem mampu meningkatkan efisiensi dan keberhasilan penetasan telur ayam secara signifikan. Oleh karena itu, metode AHP dipilih karena sesuai dengan kebutuhan sistem cerdas berbasis IoT yang tidak hanya membutuhkan kecepatan dan otomatisasi, tetapi juga akurasi dalam proses pengambilan keputusan berbasis data.

2.5 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang menghubungkan perangkat fisik ke jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara real-time.

Teknologi ini memungkinkan berbagai perangkat untuk saling berkomunikasi dan bertukar informasi tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam konteks sistem mesin penetasan telur berbasis IoT, sensor seperti suhu dan kelembapan diintegrasikan dengan koneksi internet guna memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan inkubasi secara jarak jauh.

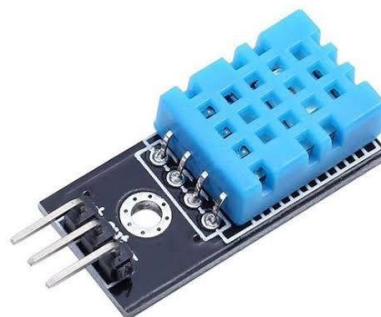
Keunggulan IoT terletak pada kemampuannya dalam meningkatkan aksesibilitas, efisiensi operasional, serta fleksibilitas dalam pengelolaan sistem secara otomatis. Semakin tinggi tingkat konektivitas antar perangkat, semakin besar pula waktu yang dapat dioptimalkan untuk aktivitas lain, sehingga IoT berperan signifikan dalam mendukung peningkatan kinerja manusia secara keseluruhan (Jamil et al., 2022). Oleh karena itu, penerapan IoT dalam bidang peternakan, khususnya pada sistem penetasan telur ayam, menjadi langkah strategis untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas operasional secara berkelanjutan.

2.5.1 Perangkat Keras (Hardware)

Berikut adalah komponen-komponen yang dibutuhkan dalam membuat mesin tetas:

a. Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT11)

Sensor DHT11 merupakan salah satu komponen penting dalam sistem mesin penetasan telur ayam berbasis *Internet of Things* (IoT), yang berfungsi untuk memantau suhu dan kelembapan lingkungan secara real-time. Pemilihan sensor ini didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu efisiensi biaya, kesesuaian dengan kebutuhan penelitian, serta kemampuan pembaruan data yang cepat.



Gambar 2.3 Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT11)

Sumber: Google

Meskipun sensor DHT22 memiliki keunggulan dari segi akurasi dan rentang pengukuran yang lebih luas, DHT11 memiliki kelebihan dalam hal frekuensi pembacaan data. DHT11 mampu memperbarui data setiap satu detik, sedangkan DHT22 hanya dapat memperbarui data setiap dua detik. Dalam konteks sistem penetasan telur ayam yang memerlukan kestabilan suhu dan kelembapan secara konsisten, kecepatan pembacaan data menjadi krusial agar sistem dapat segera merespons perubahan lingkungan secara otomatis.

Dengan demikian, penggunaan DHT11 dinilai lebih tepat untuk penelitian ini karena kemampuannya menyediakan data suhu dan kelembapan dengan respons yang lebih cepat, sehingga mampu mendukung keberhasilan penetasan telur ayam melalui pemantauan kondisi mesin secara optimal dan berkelanjutan.

b. Bola Lampu

Heater (dalam penelitian ini bola lampu) adalah perangkat yang digunakan untuk menghasilkan panas. Selain itu, komponen ini bertugas untuk menjaga suhu pada mesin secara optimal untuk perkembangan embrio dalam telur dan meningkatkan keberhasilan penetasan dengan menjaga lingkungan inkubasi yang stabil. Komponen ini bekerja secara otomatis berdasarkan pengaturan kontrol yang terintegrasi dengan sensor suhu.



Gambar 2.4 Bola Lampu

Sumber: Google

c. Kipas DC

Kipas DC digunakan untuk membantu menyebarkan panas dari bola lampu ke seluruh bagian mesin, serta menjaga kelembapan dan suhu tetap stabil untuk mendukung perkembangan embrio dalam telur.



Gambar 2.5 Kipas DC

Sumber: Google

d. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk membaca data dari sensor dan mengontrol heater, kipas DC, dan komponen lain berdasarkan algoritma yang diterapkan.



Gambar 2.6 Mikrokontroler ESP32

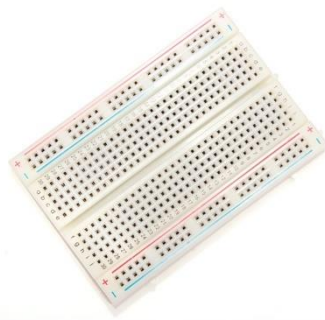
Sumber: Google

e. Breadboard

Penggunaan breadboard dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan fleksibilitas dan kemudahan dalam proses perakitan serta pengujian awal rangkaian sistem mesin penetasan telur ayam berbasis IoT.

Breadboard memungkinkan perakitan sirkuit tanpa proses penyolderan, sehingga sangat mendukung tahap pengembangan prototipe yang masih bersifat eksperimental dan memerlukan penyesuaian berulang.

Selain itu, breadboard memberikan keleluasaan dalam mengganti komponen, menambah sensor, atau memodifikasi rangkaian sesuai kebutuhan penelitian. Hal ini penting dalam penelitian yang membutuhkan beberapa kali pengujian dan penyesuaian untuk mencapai kinerja sistem yang optimal.



Gambar 2.7 Breadboard

Sumber: Google

Berbeda dengan ESP32 shield yang memiliki desain lebih permanen dan terintegrasi, penggunaannya cenderung kurang fleksibel dalam konteks pengujian dan modifikasi sistem yang masih bersifat prototipe. ESP32 shield umumnya lebih cocok untuk produk akhir yang sudah stabil dan tidak memerlukan perubahan komponen. Oleh karena itu, breadboard dipilih sebagai solusi yang efisien dan praktis untuk perancangan dan pengembangan sistem yang masih dalam proses iterasi.

f. Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen dalam rangkaian elektronik, terutama pada prototipe yang menggunakan breadboard.



Gambar 2.8 Kabel Jumper

Sumber: Google

g. Kabel Mikro USB

Kabel mikro USB digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler ESP32 atau perangkat lain ke komputer atau sumber daya. Selain itu, kabel mikro USB dapat digunakan untuk mengunggah kode dari komputer ke ESP32 atau mikrokontroler lainnya, mengalirkan daya dari komputer atau adaptor ke perangkat untuk menghidupkan sistem, serta mengirimkan data antara mikrokontroler dan komputer selama pengembangan atau pengujian. Sebagian besar mikrokontroler dan perangkat IoT menggunakan port mikro USB, sehingga kabel ini sangat serbaguna.



Gambar 2.9 Kabel Mikro USB

Sumber: Google

h. Liquid Crystal Display (LCD) I2C 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) digunakan untuk menampilkan teks, huruf, angka, simbol, maupun gambar (Effendi et al., 2022). LCD berfungsi untuk menampilkan informasi, seperti suhu, kelembapan, dan status sistem secara langsung pada mesin tetas.



Gambar 2.10 Liquid Crstal Display (LCD) I2C 16x2

Sumber: Google

i. **Motor Servo MG995**

Motor servo MG995 digunakan untuk memutar atau menggulingkan telur secara otomatis, mencegah embrio menempel pada cangkang.



2.11 Motor Servo MG995

Sumber: Google

j. **Mesin Tetas**

Mesin tetas adalah struktur utama yang menampung semua komponen dan memberikan ruang yang optimal untuk menempatkan telur. Bahan yang digunakan berupa kayu dengan isolasi termal untuk menjaga suhu stabil.



Gambar 2.12 Mesin Tetas

Sumber: Google

k. Reservoir atau Wadah Air

Wadah air berfungsi untuk menjaga kelembapan di dalam mesin dengan cara menguapkan air secara perlahan.



Gambar 2.13 Reservoir atau Wadah Air

Sumber: Google

2.5.2 Perangkat Lunak (Software)

Berikut adalah daftar *software* yang dibutuhkan untuk mendukung pembuatan dan pengoperasian mesin tetas berbasis IoT:

a. Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang diperlukan untuk membuat program, memuat program ke papan Arduino, dan menjalankan program (Kadir, 2024 : 9). Arduino IDE dibuat menggunakan bahasa pemrograman Java dan dilengkapi dengan *library* C/C++ (Wiring), yang mempermudah pengoperasian input/output (Kamal et al., 2023).

- Digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode ke mikrokontroler seperti ESP32.

- Mendukung berbagai pustaka (*libraries*) untuk sensor suhu, kelembapan, Wi-Fi, dan perangkat keras lainnya.

b. Visual Studio Code

Visual Studio Code adalah editor teks dan kode sumber yang ringan, cepat, dan kaya fitur, dikembangkan oleh Microsoft. Editor ini bersifat multiplatform (tersedia untuk Windows, macOS, dan Linux). Editor ini mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti JavaScript, TypeScript, dan Node.js, serta dapat digunakan untuk bahasa pemrograman lainnya dengan bantuan plugin yang tersedia di marketplace Visual Studio Code, seperti Python, C++, C#, Go, Java, PHP, dan lainnya (Ningsih et al., 2022).

c. Google Chrome

Google Chrome adalah peramban web (*web browser*) yang dikembangkan oleh Google dan dirancang untuk memberikan pengalaman menjelajah internet yang cepat, aman, dan efisien. Alat pengembangan bawaan yang memungkinkan pengembang menganalisis, mengedit, dan mengoptimalkan situs web secara langsung dari browser. Selain itu, Chrome Developer Tools menawarkan fitur pengujian responsif, emulator perangkat seluler, serta dukungan untuk berbagai ekstensi pengembangan yang memudahkan proses pengembangan dan debugging situs web.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Dalam penelitian ini, pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan menganalisis data secara numerik terkait dengan kinerja mesin penetasan telur ayam berbasis IoT. Data yang dikumpulkan dari sensor suhu dan kelembapan akan diolah menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menghasilkan keputusan optimal.

Kuantitatif adalah metode penelitian yang berbasis pada pengumpulan dan analisis data numerik atau statistik untuk menjelaskan atau menguji suatu fenomena. Penelitian kuantitatif menggunakan teknik pengukuran yang sistematis dan sering kali melibatkan eksperimen, survei, atau analisis data untuk mendapatkan hasil yang objektif dan dapat diuji. Metode ini biasanya menggunakan angka, grafik, tabel, atau perhitungan statistik untuk menginterpretasikan data.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Tahap awal bertujuan untuk memahami permasalahan yang ada dan menentukan solusi yang sesuai. Analisis ini mencakup identifikasi kebutuhan, kendala yang dihadapi, serta tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian. Penelitian dilanjutkan dengan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber, seperti jurnal, buku, atau artikel ilmiah. Studi literatur bertujuan untuk memahami teori yang relevan, teknologi yang digunakan, dan metode yang mendukung perancangan alat.

Data yang dibutuhkan dikumpulkan untuk mendukung perancangan alat. Data ini dapat berupa:

- **Data Primer:** Informasi yang diperoleh langsung dari pengamatan atau eksperimen.
- **Data Sekunder:** Informasi yang berasal dari sumber-sumber terdokumentasi seperti laporan penelitian atau data historis.

Kemudian analisis kebutuhan sistem. Tahap ini menentukan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk perancangan alat. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan metode yang sesuai, seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP), untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan. Komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan dirancang dan ditentukan. Ini meliputi desain arsitektur sistem, pemilihan sensor, modul, dan komponen lainnya yang mendukung pembuatan alat.

Tahap implementasi mencakup pembuatan dan perakitan perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT). Program dirancang menggunakan Arduino IDE untuk mengontrol dan mengintegrasikan perangkat keras. Alat dan program yang telah dirancang diuji untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Jika hasil pengujian menunjukkan kekurangan atau ketidaksesuaian, modifikasi dilakukan pada perangkat keras atau program hingga alat berfungsi dengan baik dan memenuhi tujuan penelitian. Apabila tahap evaluasi akhir masih belum sesuai dengan harapan, proses kembali ke tahap implementasi, dan dilakukan perbaikan hingga tujuan penelitian tercapai.

Adapun desain penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahapan berikut:

3.1.1 Analisis Masalah

Langkah awal penelitian ini adalah mengidentifikasi permasalahan utama dalam proses penetasan telur ayam, khususnya dalam pengaturan parameter

suhu, kelembapan, ventilasi, dan waktu penetasan. Analisis ini dilakukan melalui studi literatur dan observasi terhadap metode konvensional. Analisis masalah bertujuan untuk merumuskan masalah secara jelas dan spesifik sebagai dasar penelitian.

Pada tahap ini, dilakukan analisis masalah yang dihadapi dalam proses penetasan telur ayam, seperti:

- Kesulitan dalam menjaga parameter suhu, kelembapan, dan ventilasi secara konsisten.
- Rendahnya tingkat keberhasilan penetasan pada metode manual.
- Minimnya penggunaan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses penetasan.

3.1.2 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka terkait teknologi *Internet of Things* (IoT), algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dan parameter yang memengaruhi proses penetasan telur ayam. Tujuan dari studi ini adalah untuk memperoleh landasan teoritis yang kuat sebagai dasar penelitian dan membantu dalam merancang sistem yang inovatif. Melakukan kajian terhadap penelitian dan teori yang relevan, meliputi:

- Konsep dasar *Internet of Things* (IoT) dan penerapannya di bidang peternakan.
- Algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) sebagai metode pengambilan keputusan.
- Teknologi dan perangkat keras yang digunakan dalam mesin tetas modern.
- Faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penetasan telur ayam.

3.1.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data melalui eksperimen menggunakan prototipe mesin tetas. Data yang diukur meliputi:

- Suhu dan kelembapan mesin tetas selama proses penetasan.
- Tingkat keberhasilan penetasan telur ayam.
- Performa sistem dalam menjaga parameter stabil.

Selain itu, pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber utama:

a. Data Primer

Data yang diperoleh secara langsung melalui eksperimen atau pengujian prototipe mesin tetas.

b. Data Sekunder

Data yang dikumpulkan dari literatur, jurnal, buku, artikel ilmiah, atau laporan penelitian terkait topik yang dibahas.

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kriteria kondisi lingkungan yang mendukung keberhasilan penetasan telur ayam meliputi:

Tabel 3.1 Kriteria Kondisi Lingkungan Inkubasi

Data Kriteria		
Kondisi	Suhu	Kelembapan
Ideal	37,5°C – 38,5°C	• Kelembapan awal (hari 1-18): 50% - 60% • Kelembapan akhir (hari 19-21, saat penetasan): 65% - 70%

Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat perkembangan embrio, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kematian embrio. Kelembapan membantu mencegah penguapan air berlebih dari telur dan memastikan cangkang cukup rapuh untuk memudahkan proses penetasan. Pembalikan telur dilakukan setiap 3 jam sekali selama 24 jam penuh agar embrio tidak menempel pada dinding dalam cangkang.

Embrio membutuhkan oksigen dan pembuangan karbon dioksida yang baik. Ventilasi dalam mesin tetas harus stabil untuk menjaga suplai udara segar. Selain itu, mesin tetas harus selalu bersih untuk mencegah kontaminasi

bakteri atau jamur yang dapat merusak telur. Karena telur yang akan diletakkan tidak boleh terkena kotoran maupun keretakan.

Waktu penetasan telur ayam yang sesuai adalah ± 21 hari. Hari ke-1 sampai ke-18 merupakan periode perkembangan embrio, sehingga memerlukan suhu dan kelembapan yang stabil. Hari ke-19 sampai ke-21, kelembapan ditingkatkan untuk melembutkan cangkang. Telur juga tidak perlu dibalik lagi karena pada tahap ini embrio telah berkembang sepenuhnya dan bersiap untuk menetas. Dengan menjaga kondisi lingkungan yang optimal, tingkat keberhasilan penetasan telur ayam dapat meningkat secara signifikan.

3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem, yaitu:

a. Perangkat Keras (Hardware)

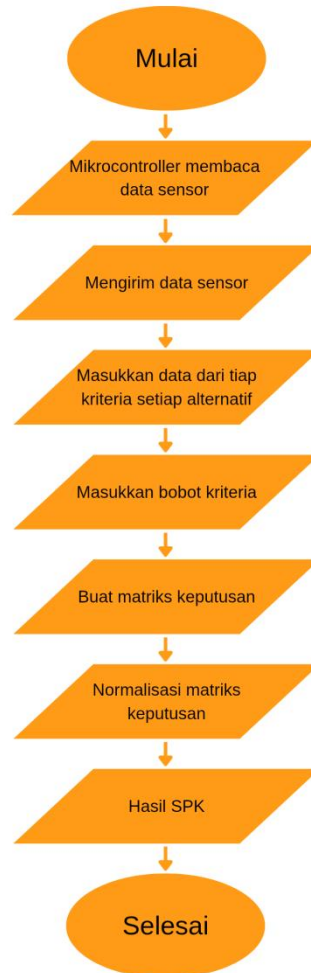
1. Laptop Lenovo IdeaPad 3 14ADA05, processor AMD 3020e with Radeon Graphics 1.20 GHz, RAM 4GB, dan Storage 256GB SSD
2. Sensor suhu dan kelembapan (DHT11)
3. Bola lampu
4. Kipas DC
5. Mikrokontroler ESP32
6. Breadboard
7. Kabel jumper
8. Kabel mikro USB
9. Motor servo MG955
10. Liquid crystal display (LCD) I2C 16x2
11. Mesin tetas
12. Reservoir atau wadah air

b. Perangkat Lunak (Software)

1. Arduino IDE
2. Visual Studio Code
3. Google Chrome

3.3 Perancangan Arsitektur Sistem

Pada tahap ini, dirancang arsitektur sistem yang mencakup alur kerja sistem dan komponen perangkat keras yang digunakan. Arsitektur ini dirancang untuk memastikan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam menentukan keputusan mesin tetas berbasis algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Internet of Things* (IoT).

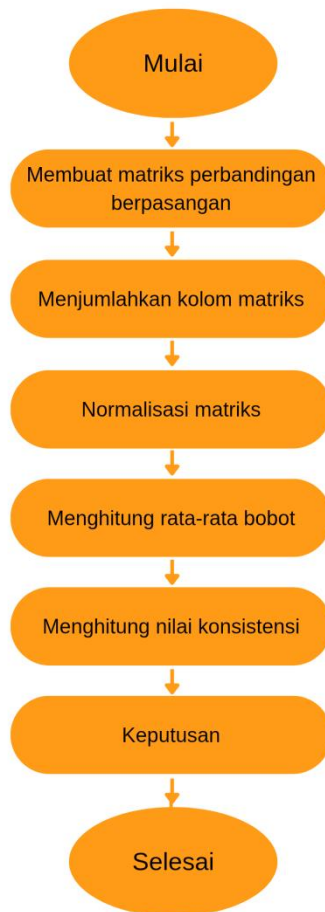


Gambar 3.2 Rancangan Arsitektur Sistem

Rancangan kerja sistem dan alat menunjukkan bahwa mikrokontroler berfungsi membaca data dari sensor yang terpasang pada mesin penetasan telur ayam. Data sensor tersebut kemudian dikirimkan melalui internet ke dalam web untuk dipantau secara real-time. Setelah data terkumpul, dilakukan pengolahan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Proses AHP dimulai dengan menentukan kriteria dan bobot nilai, di mana kriteria utama yang digunakan adalah suhu dan kelembaban. Selanjutnya, alternatif data dari setiap kriteria dimasukkan, diikuti dengan tahap normalisasi untuk menyesuaikan nilai

dari setiap alternatif. Akhirnya, dilakukan perhitungan untuk memperoleh hasil akhir berdasarkan metode AHP, yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengoperasian mesin penetasan telur ayam.



Gambar 3.3 Flowchart Analytic Hierarchy Process

Flowchart di atas menunjukkan bahwa proses dimulai dengan menentukan kriteria dan alternatif. Kemudian mengisi matriks berdasarkan perbandingan kriteria. Menjumlahkan nilai dari setiap kolom dalam matriks. Membagi setiap elemen dengan total kolomnya. Menghitung rata-rata dari setiap baris dalam matriks normalisasi untuk mendapatkan bobot prioritas. $\lambda_{\max}$ dihitung dengan mengalikan total kolom dengan bobot prioritas. *Consistency Index* (CI) dihitung dengan rumus:

Flowchart di atas menunjukkan bahwa proses dimulai dengan menentukan kriteria dan alternatif, kemudian mengisi matriks perbandingan kriteria. Selanjutnya, nilai dari setiap kolom dalam matriks dijumlahkan, lalu setiap elemen dibagi dengan total kolomnya untuk mendapatkan matriks normalisasi.

Setelah itu, rata-rata dari setiap baris dalam matriks normalisasi dihitung untuk memperoleh bobot prioritas. Nilai $\lambda_{\max}$ diperoleh dengan mengalikan total kolom dengan bobot prioritas. Konsistensi hasil diuji dengan menghitung *Consistency Index* (CI) menggunakan rumus:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$$

Selanjutnya, *Consistency Ratio* (CR) dihitung menggunakan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

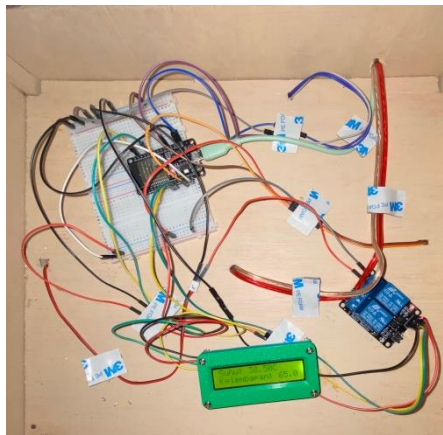
Random Index (RI) adalah indeks acuan berdasarkan jumlah kriteria. Jika $CR \leq 0,1$, maka konsistensi matriks dianggap valid, dan bobot dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Jika tidak, perbandingan harus disesuaikan kembali hingga memenuhi batas konsistensi. Hasil akhir digunakan untuk menentukan prioritas keputusan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini dilakukan untuk menguji efektivitas sistem mesin penetasan telur ayam berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses perancangan mencakup integrasi berbagai komponen utama seperti sensor DHT11, breadboard, LCD I2C, serta perangkat keras pendukung lainnya. Komponen-komponen tersebut dirakit dalam satu sistem untuk memastikan kemampuan alat dalam memantau dan mengendalikan parameter penting penetasan secara real-time, guna mendukung keberhasilan proses penetasan telur ayam.



Gambar 4.1 Perancangan Perangkat Keras

Sumber: Suci Indah Ismana



Gambar 4.2 Bagian dalam Mesin Tetas

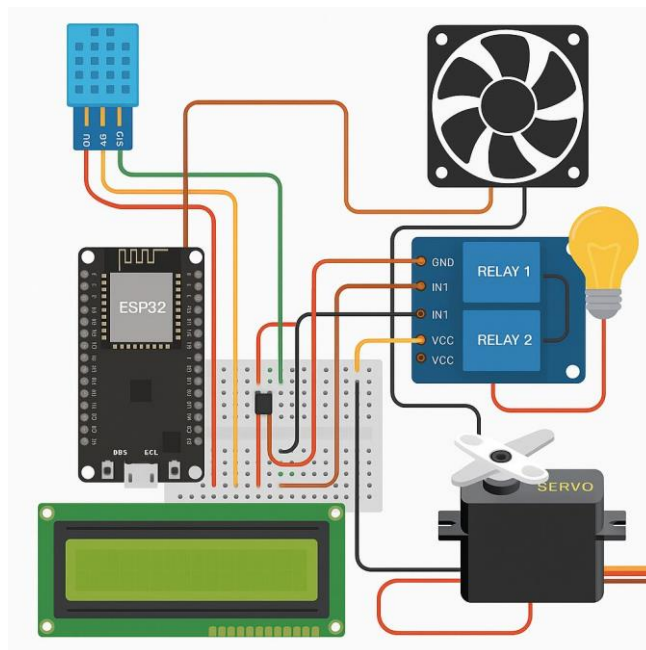
Sumber: Suci Indah Ismana

Pada perancangan perangkat keras, salah satu komponen yang turut dikembangkan adalah colokan lampu. Berdasarkan hasil pengujian, colokan lampu perlu dipisahkan dari

rangkaian utama karena mikrokontroler ESP32 tidak mampu menangani beban daya sebesar 5 watt dengan tegangan 220 volt. Oleh karena itu, pemisahan ini dilakukan untuk menjaga stabilitas sistem dan mencegah potensi kerusakan pada komponen mikrokontroler.

4.2 Desain Rangkaian Keseluruhan

Desain rangkaian keseluruhan dilakukan dengan merakit seluruh komponen yang telah dipilih dan dirancang sebelumnya menjadi satu kesatuan sistem. Proses ini bertujuan untuk memastikan integrasi yang optimal antar komponen, sehingga sistem mesin penetasan telur ayam berbasis IoT dapat berfungsi secara menyeluruh dan mendukung kinerja alat dalam memantau serta mengendalikan parameter penetasan secara real-time.



Gambar 4.3 Desain Rangkaian Keseluruhan

Sumber: Suci Indah Ismana

4.3 Hasil Pengujian

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan menggunakan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dirancang. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh data suhu dan kelembapan secara akurat dan real-time dari sensor yang terpasang pada mesin penetasan. Data yang diperoleh selanjutnya diolah menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menghasilkan peringkat kondisi telur ayam berdasarkan tingkat kelayakan atau kesehatan, dari lima sampel telur yang diuji coba.

Pengujian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor serta kinerja sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, dapat diketahui apakah sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan dan mampu memberikan hasil yang valid dan dapat diandalkan dalam proses penetasan telur ayam.

4.3.1 Pengujian Sensor

a. Pengujian Telur Ayam Hari ke-1



Gambar 4.4 Pengujian Telur Ayam Hari ke-1

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.4 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-1, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 37.50
- Kelembapan : 64.0
- Rotasi : 8

b. Pengujian Telur Ayam Hari ke-2



Gambar 4.5 Pengujian Telur Ayam Hari ke-2

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.5 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-2, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 61.0
- Rotasi : 8

c. Pengujian Telur Ayam Hari ke-3



Gambar 4.6 Pengujian Telur Ayam Hari ke-3

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.6 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-3, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 62.0
- Rotasi : 8

d. Pengujian Telur Ayam Hari ke-4



Gambar 4.7 Pengujian Telur Ayam Hari ke-4

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.7 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-4, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 59.0
- Rotasi : 8

e. Pengujian Telur Ayam Hari ke-5



Gambar 4.8 Pengujian Telur Ayam Hari ke-5

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.8 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-5, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 37.40
- Kelembapan : 59.0

- Rotasi : 8

f. Pengujian Telur Ayam Hari ke-6



Gambar 4.9 Pengujian Telur Ayam Hari ke-6

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.9 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-6, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 58.0
- Rotasi : 8

g. Pengujian Telur Ayam Hari ke-7



Gambar 4.10 Pengujian Telur Ayam Hari ke-7

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.10 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-7, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 58.0
- Rotasi : 4

h. Pengujian Telur Ayam Hari ke-8



Gambar 4.11 Pengujian Telur Ayam Hari ke-8

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.11 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-8, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 50.0
- Rotasi : 4

i. Pengujian Telur Ayam Hari ke-9



Gambar 4.12 Pengujian Telur Ayam Hari ke-9

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.12 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-9, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 62.0
- Rotasi : 6

j. Pengujian Telur Ayam Hari ke-10



Gambar 4.13 Pengujian Telur Ayam Hari ke-10

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.13 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-10, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 64.0
- Rotasi : 8

k. Pengujian Telur Ayam Hari ke-11



Gambar 4.14 Pengujian Telur Ayam Hari ke-11

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.14 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-11, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 58
- Rotasi : 7

1. Pengujian Telur Ayam Hari ke-12



Gambar 4.15 Pengujian Telur Ayam Hari ke-12

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.15 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-12, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 62.0
- Rotasi : 8

m. Pengujian Telur Ayam Hari ke-13



Gambar 4.16 Pengujian Telur Ayam Hari ke-13

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.16 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-13, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 64.0
- Rotasi : 8

n. Pengujian Telur Ayam Hari ke-14



Gambar 4.17 Pengujian Telur Ayam Hari ke-14

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.17 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-14, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 60.0
- Rotasi : 8

o. Pengujian Telur Ayam Hari ke-15



Gambar 4.18 Pengujian Telur Ayam Hari ke-15

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.18 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-15, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 60.0
- Rotasi : 8

p. Pengujian Telur Ayam Hari ke-16



Gambar 4.19 Pengujian Telur Ayam Hari ke-16

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.19 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-16, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 59.0
- Rotasi : 8

q. Pengujian Telur Ayam Hari ke-17



Gambar 4.20 Pengujian Telur Ayam Hari ke-17

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.20 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-17, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.0
- Kelembapan : 64.0
- Rotasi : 8

r. Pengujian Telur Ayam Hari ke-18



Gambar 4.21 Pengujian Telur Ayam Hari ke-18

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.21 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-18, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38.50
- Kelembapan : 62.0
- Rotasi : 8

s. Pengujian Telur Ayam Hari ke-19



Gambar 4.22 Pengujian Telur Ayam Hari ke-19

Sumber: Suci Indah Ismana

Pada gambar 4.22 merupakan *output* yang diuji coba pada telur ayam hari ke-19, nilainya terdiri dari:

- Suhu : 38
- Kelembapan : 70.0

- Rotasi : 8

4.4 Data Kriteria dan Bobot

4.4.1 Kriteria

Dalam penelitian ini, terdapat tiga kriteria yang digunakan untuk menentukan kestabilan suhu dan kelembapan mesin penetasan yang paling optimal bagi proses penetasan telur ayam. Ketiga kriteria tersebut dipilih berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penetasan, yaitu:

1. Suhu
2. Kelembapan
3. Rotasi

Ketiga kriteria ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Tabel 4.1 Kriteria

No.	Kriteria	Keterangan
1.	Kriteria (C1)	Suhu
2.	Kriteria (C2)	Kelembapan
3.	Kriteria (C3)	Rotasi

4.4.2 Bobot

Penentuan bobot dilakukan berdasarkan pendekatan subjektif yang dinilai langsung oleh peneliti, dengan mempertimbangkan pengaruh masing-masing kriteria terhadap keberhasilan proses penetasan telur ayam. Bobot tersebut diperoleh melalui metode *pairwise comparison* yang menghasilkan matriks perbandingan antar kriteria.

Tabel 4.2 Bobot

No.	Nama Bobot	Nilai Bobot
1.	Suhu	0.5
2.	Kelembapan	0.3
3.	Rotasi	0.2

4.5 Proses Perhitungan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)

Setelah seluruh data dari sensor suhu dan kelembapan terkumpul secara real-time melalui sistem IoT, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan manual menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk memperoleh keputusan yang tepat dalam menentukan parameter optimal—yaitu suhu, kelembapan, dan rotasi telur—yang dapat meningkatkan keberhasilan penetasan pada mesin penetasan telur ayam.

Dalam proses ini, AHP digunakan untuk membandingkan kriteria berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap keberhasilan penetasan, serta mengevaluasi setiap alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Setiap alternatif mewakili satu sampel telur ayam yang diuji.

Pada penelitian ini, terdapat lima alternatif yang ditandai sebagai berikut:

A1: Telur ayam Siam 1

A2: Telur ayam Siam 2

A3: Telur ayam Siam 3

A4: Telur ayam Siam 4

A5: Telur ayam Siam 5

Setiap alternatif akan dinilai berdasarkan kriteria suhu, kelembapan, dan frekuensi rotasi telur, lalu dihitung menggunakan tahapan AHP, mulai dari pembuatan matriks perbandingan berpasangan hingga pengujian konsistensi (*Consistency Ratio*) untuk memastikan hasil yang diperoleh valid dan reliabel.

a) Bobot Prioritas:

- Suhu: 0.5
- Kelembapan: 0.3
- Rotasi: 0.2

b) Matriks Perbandingan Berpasangan (Pairwise Comparison)

Tabel 4.3 Data Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria	Suhu (0.5)	Kelembapan (0.3)	Rotasi (0.2)
Suhu (0.5)	$0.5 / 0.5 = 1$	$0.5 / 0.3 = 1.667$	$0.5 / 0.2 = 2.5$
Kelembapan (0.3)	$0.3 / 0.5 = 0.6$	$0.3 / 0.3 = 1$	$0.3 / 0.2 = 1.5$
Rotasi (0.2)	$0.2 / 0.5 = 0.4$	$0.2 / 0.3 = 0.667$	$0.2 / 0.2 = 1$

c) Normalisasi Matriks

- Jumlahkan hasil dari setiap kolom
 1. Suhu: $1 + 0.6 + 0.4 = 2$
 2. Kelembapan: $1.667 + 1 + 0.667 = 3.334$
 3. Rotasi: $2.5 + 1.5 + 1 = 5$
- Bagi setiap nilai dengan jumlah kolom

Tabel 4.4 Data Pembagian Jumlah Kolom

Kriteria	Suhu	Kelembapan	Rotasi
Suhu	$1 / 2 = 0.5$	$1.667 / 3.334 = 0.5$	$2.5 / 5 = 0.5$
Kelembapan	$0.6 / 2 = 0.3$	$1 / 3.334 = 0.3$	$1.5 / 5 = 0.3$
Rotasi	$0.4 / 2 = 0.2$	$0.667 / 3.334 = 0.2$	$1 / 5 = 0.2$

- Hitung bobot prioritas (rata-rata setiap baris)

Tabel 4.5 Data Rata-Rata Bobot Prioritas

Kriteria	Jumlah Baris	Bobot Prioritas
Suhu	$0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5$	$1.5 / 3 = 0.5$
Kelembapan	$0.3 + 0.3 + 0.3 = 0.9$	$0.9 / 3 = 0.3$
Rotasi	$0.2 + 0.2 + 0.2 = 0.6$	$0.6 / 3 = 0.2$

- Menghitung $\lambda_{\max}$

Rumus: $\lambda_{\max} = \sum(\text{jumlah baris}) / (\text{bobot prioritas})$

Menggunakan bobot prioritas dan hasil dari jumlah baris:

1. Suhu: 0.5
2. Kelembapan: 0.3
3. Rotasi: 0.2

Tabel 4.6 Data Hasil Jumlah Baris

Kriteria	Hasil Jumlah Baris
Suhu	1.5
Kelembapan	0.9
Rotasi	0.6

1. Suhu: $\frac{1.5}{0.5} = 3$
2. Kelembapan: $\frac{0.9}{0.3} = 3$

$$3. \text{ Rotasi: } \frac{0.6}{0.2} = 3$$

$$\lambda_{\max} = \frac{3+3+3}{3} = 3, \text{ jadi nilai } \lambda_{\max} \text{ adalah } 3.$$

- Menghitung CI (*Consistency Index*)

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} = \frac{3 - 3}{(3 - 1)} = \frac{0}{2} = 0$$

- Menghitung CR (*Consistency Ratio*)

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.58} = 0$$

Jadi, nilai CR adalah 0 yang berarti konsisten karena $CR < 0.1$.

Tabel 4.7 Data Random Index (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Berikut adalah uraian dari masing-masing alternatif:

Tabel 4.8 Data Perhitungan Metode AHP

No.	Alternatif	Kriteria		
		C1	C2	C3
1	Hari ke-1	37.5	64	8
2	Hari ke-2	38.5	61	8
3	Hari ke-3	38	62	8
4	Hari ke-4	38.5	59	8
5	Hari ke-5	37.4	59	8
6	Hari ke-6	38	58	8
7	Hari ke-7	38.5	50	4
8	Hari ke-8	38.5	57	4
9	Hari ke-9	38	62	6
10	Hari ke-10	38	64	8
11	Hari ke-11	38.5	58	7
12	Hari ke-12	38.5	62	8
13	Hari ke-13	38	64	8
14	Hari ke-14	38.5	60	8

15	Hari ke-15	38	60	8
16	Hari ke-16	38.5	59	8
17	Hari ke-17	38	64	8
18	Hari ke-18	38.5	62	8
19	Hari ke-19	38	70	8

a) Menghitung normalisasi data alternatif

$$\text{Nilai Normalisasi} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

- Nilai minimum dan maksimum:

1) Suhu (C1)

Min: 37.4

Max: 38.5

2) Kelembapan (C2)

Min: 50

Max: 70

3) Rotasi (C3)

Min: 4

Max: 8

Data Alternatif:

Hari ke-1:

$$\text{Suhu} = \frac{37.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.1}{1.1} = 0.0909$$

$$\text{Kelembapan} = \frac{64 - 50}{70 - 50} = \frac{14}{20} = 0.7$$

$$\text{Rotasi} = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-2:

$$\text{Suhu} = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$\text{Kelembapan} = \frac{61 - 50}{70 - 50} = \frac{11}{20} = 0.55$$

$$\text{Rotasi} = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-3:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{62 - 50}{70 - 50} = \frac{12}{20} = 0.6$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-4:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{59 - 50}{70 - 50} = \frac{9}{20} = 0.45$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-5:

$$Suhu = \frac{37.4 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0}{1.1} = 0$$

$$Kelembapan = \frac{59 - 50}{70 - 50} = \frac{9}{20} = 0.45$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-6:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{58 - 50}{70 - 50} = \frac{8}{20} = 0.4$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-7:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{50 - 50}{70 - 50} = \frac{0}{20} = 0$$

$$Rotasi = \frac{4 - 4}{8 - 4} = \frac{0}{4} = 0$$

Hari ke-8:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{57 - 50}{70 - 50} = \frac{7}{20} = 0.35$$

$$Rotasi = \frac{4 - 4}{8 - 4} = \frac{0}{4} = 0$$

Hari ke-9:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{62 - 50}{70 - 50} = \frac{12}{20} = 0.6$$

$$Rotasi = \frac{6 - 4}{8 - 4} = \frac{2}{4} = 0.5$$

Hari ke-10:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{64 - 50}{70 - 50} = \frac{14}{20} = 0.7$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-11:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{58 - 50}{70 - 50} = \frac{8}{20} = 0.4$$

$$Rotasi = \frac{7 - 4}{8 - 4} = \frac{3}{4} = 0.75$$

Hari ke-12:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{62 - 50}{70 - 50} = \frac{12}{20} = 0.6$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-13:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{64 - 50}{70 - 50} = \frac{14}{20} = 0.7$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-14:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{60 - 50}{70 - 50} = \frac{10}{20} = 0.5$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-15:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{60 - 50}{70 - 50} = \frac{10}{20} = 0.5$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-16:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{59 - 50}{70 - 50} = \frac{9}{20} = 0.45$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-17:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{64 - 50}{70 - 50} = \frac{14}{20} = 0.7$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-18:

$$Suhu = \frac{38.5 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{1.1}{1.1} = 1$$

$$Kelembapan = \frac{62 - 50}{70 - 50} = \frac{12}{20} = 0.6$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

Hari ke-19:

$$Suhu = \frac{38 - 37.4}{38.5 - 37.4} = \frac{0.6}{1.1} = 0.5454$$

$$Kelembapan = \frac{70 - 50}{70 - 50} = \frac{20}{20} = 1$$

$$Rotasi = \frac{8 - 4}{8 - 4} = \frac{4}{4} = 1$$

b) Menghitung λ_{max} menggunakan hasil dari nilai min dan max

Rumus: $\lambda_{\text{max}} = \sum(\text{hasil nilai min max}) \times (\text{bobot prioritas})$

Hari ke-1:

$$\lambda_{\text{max}} = (0.0909 \times 0.5) + (0.7 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\text{max}} = 0.04545 + 0.21 + 0.2$$

$$\lambda_{\text{max}} = 0.4554$$

Hari ke-2:

$$\lambda_{\text{max}} = (1 \times 0.5) + (0.55 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\text{max}} = 0.5 + 0.165 + 0.2$$

$$\lambda_{\text{max}} = 0.865$$

Hari ke-3:

$$\lambda_{\text{max}} = (0.5454 \times 0.5) + (0.6 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.18 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.6527$$

Hari ke-4:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.45 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.135 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.835$$

Hari ke-5:

$$\lambda_{\max} = (0 \times 0.5) + (0.45 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0 + 0.135 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.335$$

Hari ke-6:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (0.4 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.12 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.5927$$

Hari ke-7:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0 \times 0.3) + (0 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0 + 0$$

$$\lambda_{\max} = 0.5$$

Hari ke-8:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.35 \times 0.3) + (0 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.105 + 0$$

$$\lambda_{\max} = 0.605$$

Hari ke-9:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (0.6 \times 0.3) + (0.5 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.18 + 0.1$$

$$\lambda_{\max} = 0.5527$$

Hari ke-10:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (0.7 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.21 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.6827$$

Hari ke-11:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.4 \times 0.3) + (0.75 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.12 + 0.15$$

$$\lambda_{\max} = 0.77$$

Hari ke-12:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.6 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.18 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.88$$

Hari ke-13:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (0.7 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.21 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.6827$$

Hari ke-14:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.5 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.15 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.85$$

Hari ke-15:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (0.5 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.15 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.6227$$

Hari ke-16:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.45 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.135 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.835$$

Hari ke-17:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (0.7 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.21 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.6827$$

Hari ke-18:

$$\lambda_{\max} = (1 \times 0.5) + (0.6 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.5 + 0.18 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.88$$

Hari ke-19:

$$\lambda_{\max} = (0.5454 \times 0.5) + (1 \times 0.3) + (1 \times 0.2)$$

$$\lambda_{\max} = 0.2727 + 0.21 + 0.2$$

$$\lambda_{\max} = 0.7727$$

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Penentuan pada Mesin tetas

No.	Alternatif	Hasil	Keterangan
1	Hari ke-12	0.88	Stabil
2	Hari ke-18	0.88	Stabil
3	Hari ke-2	0.865	Stabil
4	Hari ke-14	0.85	Stabil
5	Hari ke-4	0.835	Stabil
6	Hari ke-16	0.835	Stabil
7	Hari ke-19	0.7727	Stabil
8	Hari ke-11	0.77	Stabil
9	Hari ke-10	0.6827	Tidak Stabil
10	Hari ke-13	0.6827	Tidak Stabil
11	Hari ke-17	0.6827	Tidak Stabil
12	Hari ke-3	0.6527	Tidak Stabil
13	Hari ke-15	0.6227	Tidak Stabil
14	Hari ke-8	0.605	Tidak Stabil
15	Hari ke-6	0.5927	Tidak Stabil
16	Hari ke-9	0.5527	Tidak Stabil

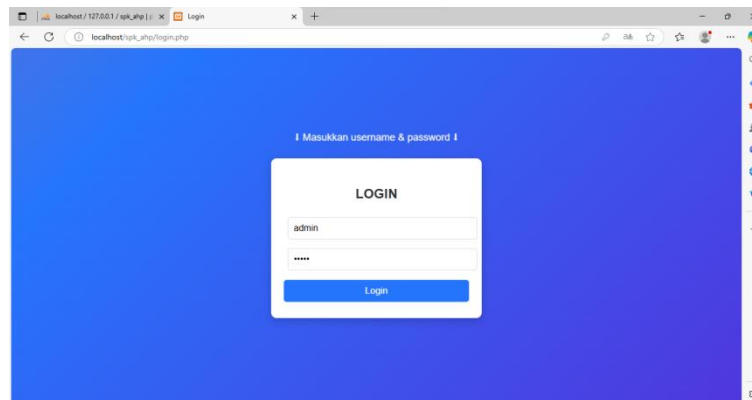
17	Hari ke-7	0.5	Tidak Stabil
18	Hari ke-1	0.4554	Tidak Stabil
19	Hari ke-5	0.335	Tidak Stabil

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode AHP, hari ke-12 merupakan pilihan terbaik dengan nilai 0.88. Hal ini menunjukkan bahwa hari ke-12 adalah yang paling stabil, sedangkan nilai terendah pada hari ke-5 dengan nilai 0.335.

4.6 Hasil Pengujian Sistem pada Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)

4.6.1 Halaman Login

Pengguna yang terdaftar dapat masuk ke halaman web.

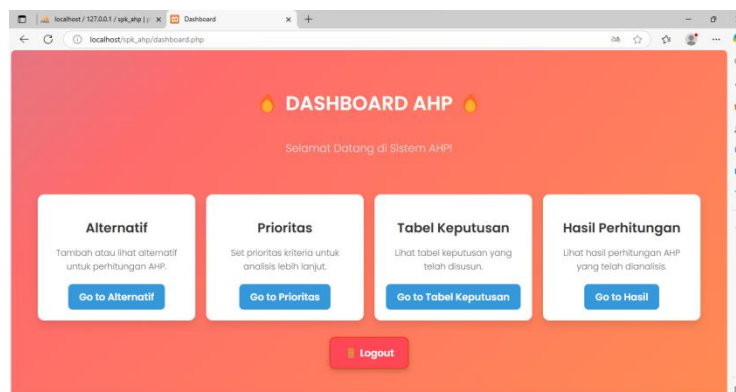


Gambar 4.23 Halaman Login

Sumber: Suci Indah Ismana

4.6.2 Halaman Dashboard

Pada tampilan dashboard menjelaskan bahwa pengguna dapat menggunakan sistem untuk membuat keputusan.

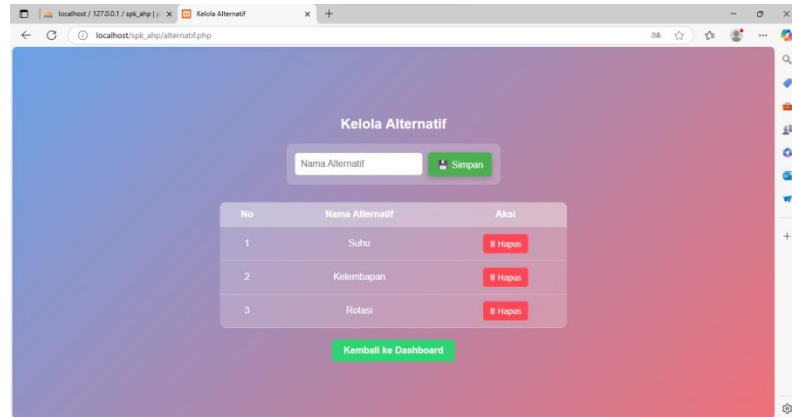


Gambar 4.24 Halaman Dashboard

Sumber: Suci Indah Ismana

4.6.3 Halaman Alternatif

Halaman ini terdapat tiga alternatif yang dimasukkan ke web sistem pendukung keputusan metode AHP sebagai informasi untuk menghitung data dari sensor pada halaman tabel keputusan.

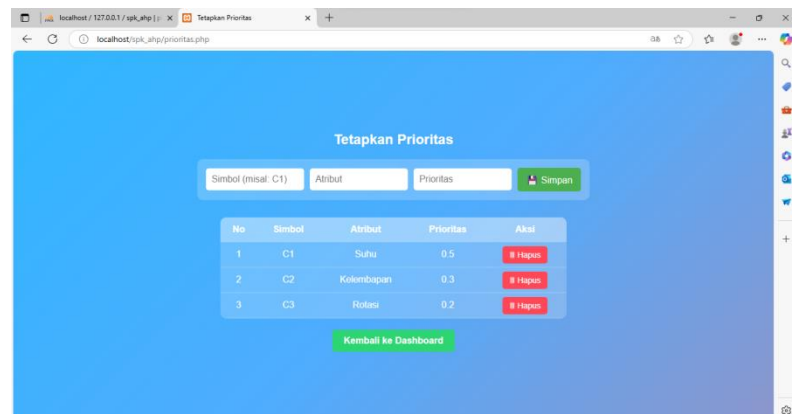


Gambar 4.25 Halaman Alternatif

Sumber: Suci Indah Ismana

4.6.4 Halaman Prioritas

Halaman ini berfungsi untuk menentukan bobot prioritas pada setiap kriteria yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Bobot prioritas menunjukkan tingkat kepentingan dari setiap kriteria.

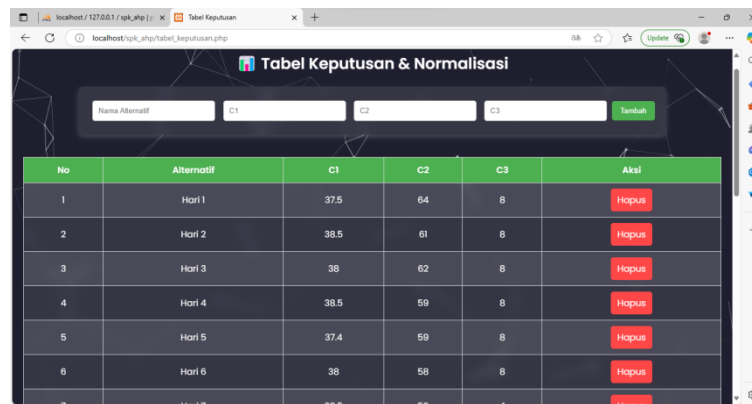


Gambar 4.26 Halaman Prioritas

Sumber: Suci Indah Ismana

4.6.5 Halaman Tabel Keputusan

Tabel keputusan berguna untuk memasukkan data sensor yang relevan dengan alternatif yang akan dievaluasi. Data sensor berupa nilai yang diperoleh dari sensor perangkat pengukur.



The screenshot shows a web application titled 'Tabel Keputusan & Normalisasi'. At the top, there is a form with 'Nama Alternatif' and three input fields for 'C1', 'C2', and 'C3', along with a 'Tambah' button. Below the form is a table with the following data:

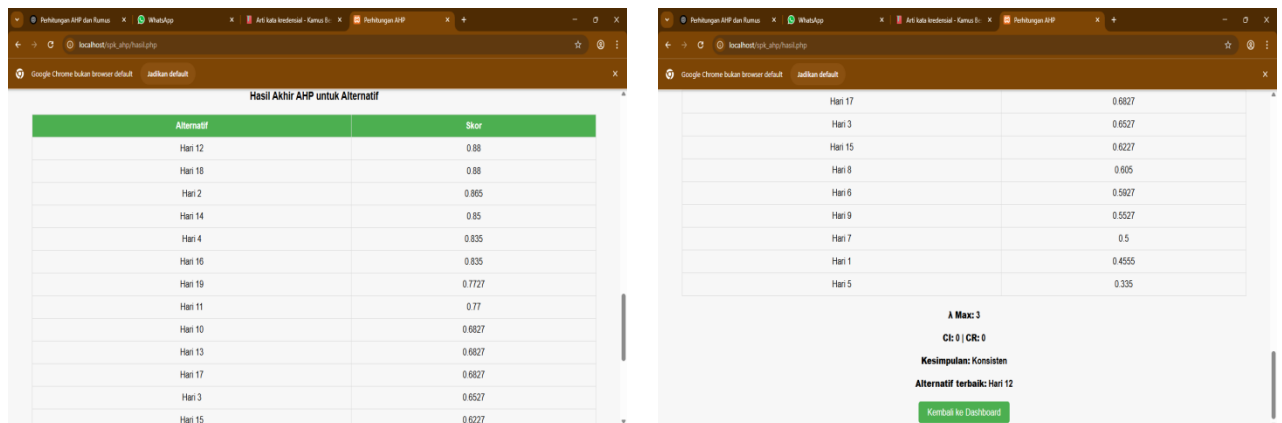
No	Alternatif	C1	C2	C3	Aksi
1	Hari 1	37.5	64	8	Hapus
2	Hari 2	38.5	61	8	Hapus
3	Hari 3	38	62	8	Hapus
4	Hari 4	38.5	59	8	Hapus
5	Hari 5	37.4	59	8	Hapus
6	Hari 6	38	58	8	Hapus

Gambar 4.27 Halaman Tabel Keputusan

Sumber: Suci Indah Ismana

4.6.6 Halaman Hasil Perhitungan

Tabel ini menampilkan hasil perhitungan data sensor yang telah dimasukkan ke web. Hasil perhitungan adalah berupa data sensor yang diubah ke dalam skala yang sama untuk memastikan bahwa semua atribut memiliki pengaruh yang stabil dalam proses pengambilan keputusan.



The left screenshot shows a table titled 'Hasil Akhir AHP untuk Alternatif' with the following data:

Alternatif	Skor
Hari 12	0.88
Hari 18	0.88
Hari 2	0.865
Hari 14	0.85
Hari 4	0.835
Hari 16	0.835
Hari 19	0.7727
Hari 11	0.77
Hari 10	0.6827
Hari 13	0.6827
Hari 17	0.6827
Hari 3	0.6527
Hari 15	0.6227

The right screenshot shows a table with the following data:

Hari 17	0.6827
Hari 3	0.6527
Hari 15	0.6227
Hari 8	0.605
Hari 6	0.5827
Hari 9	0.5527
Hari 7	0.5
Hari 1	0.4555
Hari 5	0.335

Below the table, the following text is displayed:

A Max: 3
 CI: 0 | CR: 0
 Kesimpulan: Konsisten
 Alternatif terbaik: Hari 12
 Kembali ke Dashboard

Gambar 4.28 Halaman Hasil Perhitungan

Sumber: Suci Indah Ismana

4.7 Cara Kerja Mesin Tetas

Mesin tetas yang dirancang dalam penelitian ini bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk mengoptimalkan parameter penetasan. Proses kerja mesin diawali dengan pengumpulan data suhu dan kelembapan dari lingkungan inkubasi menggunakan sensor DHT11 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Data tersebut kemudian dikirim secara real-time ke server web melalui koneksi internet.

Selanjutnya, data yang diterima dianalisis menggunakan metode AHP untuk menentukan tingkat prioritas dari masing-masing parameter yang memengaruhi keberhasilan penetasan, yaitu suhu, kelembapan, dan rotasi telur. Berdasarkan hasil perhitungan AHP, sistem secara otomatis mengatur elemen pemanas, kipas, dan mekanisme rotasi untuk menjaga kondisi mesin tetas tetap optimal.

Sistem rotasi telur dirancang untuk bekerja secara otomatis setiap 3 jam dalam 24 jam dengan sudut rotasi 90 derajat, guna mencegah kuning telur menempel pada membran cangkang yang dapat menyebabkan kematian embrio. Semua proses ini berlangsung secara berkelanjutan dan dapat dipantau dari jarak jauh melalui web yang telah disediakan, sehingga pengguna memiliki kendali penuh terhadap kondisi mesin tanpa harus hadir secara fisik.

Dengan pendekatan ini, mesin tetas tidak hanya mampu mengoptimalkan kondisi penetasan secara otomatis, tetapi juga memberikan efisiensi dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.

4.8 Perbandingan Penetasan Konvensional dan Mesin Tetas Otomatis

Penetasan telur ayam dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu secara konvensional menggunakan induk ayam dan secara modern dengan mesin tetas otomatis. Penetasan konvensional mengandalkan perilaku alami induk ayam dalam mengerami telur selama ± 21 hari. Metode ini cenderung lebih alami dan tidak memerlukan peralatan tambahan, namun sangat bergantung pada kondisi lingkungan, insting indukan, serta keterbatasan dalam jumlah telur yang dapat dierami sekaligus.

Di sisi lain, mesin tetas otomatis menggunakan sensor dan sistem kontrol berbasis teknologi, seperti *Internet of Things* (IoT) dan algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP), untuk menjaga kestabilan suhu, kelembapan, dan rotasi telur. Metode ini mampu meningkatkan efisiensi dan keberhasilan penetasan karena parameter lingkungan dijaga secara konsisten, serta memungkinkan pemantauan dan pengendalian secara real-time.

Tabel 4.10 Perbandingan Metode Penetasan

Aspek	Penetasan Konvensional (Induk Ayam)	Penetasan Menggunakan Mesin Tetes Otomatis
Media penetasan	Induk ayam	Mesin dengan sistem otomatis
Jumlah telur yang ditangani	Terbatas (± 10 -15 telur)	Tergantung kapasitas mesin, bisa puluhan bahkan ratusan
Kontrol suhu dan kelembapan	Tergantung lingkungan	Terukur dan dikendalikan sensor IoT
Rotasi telur	Dilakukan alami oleh induk ayam	Dilakukan otomatis oleh motor
Tingkat keberhasilan	$\pm 50\%$ -60%	$\pm 80\%$ -90%
Waktu penetasan	± 21 hari atau lebih	Bisa lebih cepat (± 19 hari dengan kondisi stabil)
Pemantauan	Tidak bisa dipantau secara real-time	Dapat dipantau dan dikendalikan melalui web
Ketergantungan biologis	Tinggi; bergantung pada kondisi induk ayam	Tidak bergantung pada induk ayam
Kesesuaian untuk skala	Skala kecil/tradisional	Skala besar/profesional
Perlu meninggalkan sarang	Perlu; induk ayam harus makan/minum	Tidak perlu

4.9 Solusi Pemadaman Listrik: Menjaga Suhu dan Kelembapan Mesin Tetes Secara Manual

Pemadaman listrik merupakan salah satu faktor risiko yang dapat mengganggu keberhasilan proses penetasan telur, terutama pada mesin penetas yang berbasis otomatisasi atau sistem berbasis IoT. Dalam kondisi ini, suhu dan kelembapan yang seharusnya dikontrol secara otomatis oleh sistem, harus dijaga secara manual agar embrio tetap berada dalam kondisi inkubasi yang optimal.

Beberapa langkah alternatif yang dapat dilakukan secara manual selama terjadi pemadaman listrik adalah sebagai berikut:

a. Penggunaan Sumber Panas Alternatif

Untuk menjaga suhu inkubasi yang ideal (sekitar 37,5–38,5°C), sumber panas alternatif dapat digunakan, antara lain:

- **Botol air hangat:** Botol diisi dengan air panas (sekitar 38–40°C), dibungkus dengan kain, lalu ditempatkan di dalam mesin penetas untuk membantu mempertahankan suhu ruang inkubasi.
- **Batu bata yang dipanaskan:** Batu bata yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyimpan panas. Setelah dibungkus kain, batu bata tersebut diletakkan di dalam mesin untuk memberikan suhu yang stabil.
- **Lampu minyak atau lilin:** Dapat digunakan sebagai alternatif sementara untuk memanaskan ruang inkubasi. Namun, metode ini memerlukan pengawasan ketat karena memiliki potensi bahaya kebakaran.

b. Menjaga Kelembapan Udara

Kelembapan juga merupakan faktor penting dalam proses penetasan, khususnya pada kisaran 50–60%. Untuk mempertahankan kelembapan, dapat dilakukan langkah berikut:

- **Meletakkan kain basah atau spons:** Kain atau spons dibasahi dengan air hangat dan ditempatkan di dalam mesin untuk meningkatkan kelembapan udara.
- **Menambahkan mangkuk berisi air:** Penempatan wadah kecil berisi air di dalam mesin juga dapat membantu menjaga kelembapan, namun perlu diperhatikan agar air tidak tumpah dan mengenai telur.

c. Pemantauan Suhu dan Kelembapan Secara Manual

Dalam kondisi darurat, pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan secara manual menggunakan termometer dan hygrometer analog. Pemantauan ini sebaiknya dilakukan setiap 15 hingga 30 menit agar suhu dan kelembapan tetap berada dalam rentang yang diperlukan.

d. Isolasi Tambahan

Untuk mencegah pelepasan panas secara berlebihan, mesin penetas dapat dibungkus dengan bahan isolasi seperti selimut tebal, kain wol, atau styrofoam.

Meskipun demikian, penting untuk memastikan sirkulasi udara tetap tersedia guna mencegah kekurangan oksigen di dalam mesin.

e. Pemanfaatan Sistem Cadangan Energi

Jika memungkinkan, penggunaan perangkat cadangan energi sangat disarankan, antara lain:

- **UPS (Uninterruptible Power Supply):** Dapat mempertahankan pasokan listrik untuk jangka waktu pendek agar sistem tetap berfungsi saat listrik padam secara tiba-tiba.
- **Inverter dengan baterai/aki:** Cocok digunakan untuk skala kecil, memberikan waktu operasional tambahan hingga beberapa jam tergantung kapasitas baterai.
- **Genset (Generator Set):** Merupakan solusi jangka panjang yang ideal untuk menjaga kestabilan operasional mesin tetap dalam kondisi pemadaman listrik yang berlangsung lama. Genset yang menggunakan bahan bakar seperti bensin atau solar dapat menyediakan daya yang cukup besar dan stabil untuk menghidupkan seluruh sistem penetasan, termasuk pemanas, kipas, dan kontrol otomatis.

Dengan penerapan solusi-solusi di atas, proses penetasan telur dapat tetap berlangsung secara optimal meskipun terjadi gangguan pada pasokan listrik utama. Pemilihan metode disesuaikan dengan skala operasional dan ketersediaan sumber daya di lokasi penelitian atau produksi.

4.10 Manajemen Telur Ayam

Setelah proses perancangan dan implementasi mesin tetas dijelaskan secara menyeluruh, tahap selanjutnya adalah manajemen telur ayam, yang merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan keberhasilan penetasan. Kualitas dan penanganan telur sebelum dan selama proses inkubasi memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat keberhasilan mesin tetas dalam menetas telur ayam. Oleh karena itu, diperlukan perhatian khusus terhadap beberapa aspek berikut:

4.10.1 Seleksi Telur Ayam

Proses penetasan diawali dengan pemilihan telur ayam yang berkualitas. Telur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari ayam Siam milik

pribadi peneliti, dengan pertimbangan ketersediaan dan konsistensi kualitas. Telur yang dipilih harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Ukuran seragam
- Tidak terlalu lama disimpan (idealnya kurang dari 7 hari, maksimum 14 hari)
- Tidak terkena kontaminasi kotoran atau bahan kimia
- Cangkang tidak retak

Selain itu, cangkang tidak cacat. Cacat dalam hal ini adalah permukaan kasar atau bergelombang, bentuk tidak simetris atau gepeng, cangkang terlalu tipis atau transparan, cangkang lunak karena kekurangan kalsium, dan bercak putih atau kalsium berlebih. Telur dengan cangkang cacat seperti ini biasanya tidak layak untuk ditetaskan karena kualitasnya buruk dan berisiko tinggi gagal menetas atau terkontaminasi penyakit.

4.10.2 Penyimpanan Telur Ayam

Sebelum dimasukkan ke mesin tetas, telur disimpan di tempat yang sejuk, bersih, dan memiliki ventilasi yang baik. Telur tidak boleh disimpan dalam posisi horizontal, melainkan miring atau tegak dengan bagian runcing di bawah agar menjaga posisi kuning telur tetap di tengah. Maksimal penyimpanan telur ayam sebelum pengeraman adalah 14 hari. Apabila lebih dari itu, kuning telur mulai membeku (tidak dapat ditetaskan maupun dikonsumsi).

4.10.3 Penempatan Telur Ayam dalam Mesin Tetas

Telur ditempatkan secara teratur di dalam mesin tetas untuk memastikan distribusi panas dan kelembapan yang merata. Beri jarak antar telur agar sirkulasi udara tidak terganggu, dan telur tidak saling bersentuhan saat proses pemutaran yang dapat mengakibatkan cangkang retak. Sensor suhu dan kelembapan dalam mesin tetas berfungsi untuk memantau kondisi lingkungan mesin tetas secara real-time.

4.10.4 Rotasi Telur

Rotasi telur merupakan salah satu komponen penting dalam proses penetasan karena berfungsi untuk mencegah kuning telur menempel pada membran bagian dalam cangkang. Apabila tidak dilakukan rotasi secara berkala, hal ini dapat menghambat perkembangan embrio dan berpotensi menyebabkan kegagalan penetasan. Dalam sistem yang dirancang pada penelitian ini, mekanisme rotasi telur dilakukan secara otomatis dengan menggunakan motor servo yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Rotasi dijadwalkan setiap 3 jam sekali selama 24 jam penuh, mengikuti pola alami induk ayam dalam membolak-balik telur selama masa pengeraman. Sudut putar yang digunakan adalah sebesar 90 derajat ke posisi awal (0 derajat), dan pengaturan ini dapat disesuaikan berdasarkan dimensi mesin penetasan yang digunakan.

4.10.5 Pemantauan Harian

Melalui sistem berbasis IoT, kondisi mesin tetas dapat dipantau melalui web. Data yang diperoleh dari sensor akan digunakan dalam perhitungan metode AHP untuk memberikan rekomendasi pengaturan suhu dan kelembapan yang optimal, serta untuk evaluasi terhadap kondisi telur selama masa pengeraman.

4.10.6 Identifikasi Telur Fertil

Untuk memastikan hanya telur yang berpotensi menetas dimasukkan dalam mesin penetasan, dilakukan identifikasi terhadap telur fertil. Telur fertil adalah telur yang telah dibuahi oleh ayam jantan dan memiliki kemungkinan berkembang menjadi embrio. Identifikasi dilakukan dengan melihat riwayat perkawinan ayam betina dan jantan, usia telur, dan kondisi fisik. Umumnya, telur yang berasal dari induk betina yang baru saja dikawinkan, disimpan tidak lebih dari 7 hari, dan kondisi fisik yang bagus, memiliki potensi fertilitas yang tinggi.

4.10.7 Proses Candling (Peneropongan Telur)

Candling atau peneropongan telur merupakan proses memeriksa perkembangan embrio di dalam telur dengan bantuan cahaya. Proses ini dilakukan pada hari ke-7 dan ke-14 masa inkubasi untuk:

- Mengetahui apakah telur fertil atau infertil
- Menentukan apakah embrio berkembang normal
- Mengidentifikasi telur yang mati dini (*early death*)

Peneropongan dilakukan menggunakan alat *candling* dengan sumber cahaya LED, dan hasilnya digunakan untuk memisahkan telur yang tidak berkembang, sehingga tidak mengganggu kondisi termal di dalam mesin tetas.

4.10.7.1 Klasifikasi Hasil Candling

Hasil peneropongan (*candling*) telur dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berdasarkan perkembangan embrio:

1. Telur Infertil (Tidak Dibuahi)

Telur infertil adalah telur yang tidak mengalami proses pembuahan oleh sperma ayam jantan, sehingga tidak menunjukkan tanda-tanda perkembangan embrio. Pada saat dilakukan *candling*, telur infertil akan tampak terang dan bening, tanpa adanya bayangan embrio atau pembuluh darah. Biasanya, telur ini tetap terlihat transparan bahkan setelah beberapa hari inkubasi. Telur infertil tidak akan menetas dan harus segera dipisahkan agar tidak menyebabkan gangguan termal di dalam mesin penetas.



Gambar 4.29 Telur Infertil

Sumber: Google

2. Telur Fertil (Embrio Berkembang Normal)

Telur yang telah dibuahi dan mengalami perkembangan embrio secara normal akan menunjukkan pola, seperti adanya pembuluh

darah yang jelas dan menyebar, bayangan embrio yang membesar seiring waktu, serta pergerakan aktif embrio dalam cangkang telur. Pada hari ke-7 masa inkubasi, embrio yang berkembang akan tampak sebagai titik gelap dikelilingi jaringan pembuluh darah yang bercabang. Seiring berjalannya waktu, bayangan embrio akan semakin memenuhi ruang dalam telur. Hal ini menandakan bahwa mesin tetas berlangsung secara optimal dan telur berpotensi menetas.



Gambar 4.30 Telur Fertil

Sumber: Google

3. Telur dengan Embrio Mati Dini (Early Death)

Telur ini awalnya menunjukkan tanda-tanda fertilitas, tetapi perkembangan embrionya terhenti di awal masa inkubasi. Saat *candling*, telur yang mengalami kematian embrio dini ditandai dengan munculnya cincin darah atau bayangan gelap yang tidak berkembang lebih lanjut, embrio tidak bergerak, dan warna sedikit buram. Kematian embrio umumnya disebabkan oleh dua faktor. Pertama, kondisi mesin tetas yang tidak stabil, seperti fluktuasi suhu dan kelembapan yang ekstrem. Kedua, telur ayam terkena penyakit akibat terkontaminasi kotoran atau bahan kimia. Telur seperti ini harus segera dikeluarkan dari mesin tetas untuk mencegah kontaminasi atau penyebaran bakteri ke telur lainnya.



Gambar 4.31 Embrio Mati Dini (Early Death)

Sumber: Google

Berikut adalah tabel klasifikasi hasil *candling* telur ayam berdasarkan kondisi perkembangan embrionya:

Tabel 4.11 Klasifikasi Hasil Candling

Kategori Telur	Ciri-ciri Saat Candling	Keterangan
Infertil (tidak dibuahi)	Terlihat terang dan bening; tidak ada pembuluh darah atau bayangan embrio	Bertelur karena adanya vitamin pada makanan; tidak dibuahi sehingga tidak dapat menetas
Fertil	Terlihat adanya pembuluh darah, bayangan embrio yang membesar, dan gerakan embrio aktif	Embrio berkembang normal dan berpotensi menetas
Embrio Mati Dini (Early Death)	Terdapat cincin darah atau bayangan gelap yang tidak berkembang, sedikit buram, dan tidak bergerak	Embrio mati pada tahap awal; perlu segera disingkirkan

4.10.8 Hasil Akhir Penetasan Telur Ayam

Setelah dilakukan proses penetasan selama ± 19 hari menggunakan mesin tetas otomatis berbasis IoT yang telah dirancang, diperoleh hasil bahwa dari lima sampel telur ayam Siam yang digunakan dalam penelitian, sebanyak tiga butir telur berhasil menetas dengan baik. Sementara itu, dua butir telur lainnya gagal menetas.

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang dilakukan, penyebab kegagalan penetasan pada masing-masing telur dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Telur dengan embrio mati dini (*early death*): Telur ini sebelumnya telah disimpan selama ± 1 bulan sebelum dimasukkan ke mesin tetas. Kondisi penyimpanan yang terlalu lama menyebabkan kualitas kuning telur menurun dan mengalami proses pembekuan sebagian, yang berdampak pada kegagalan perkembangan embrio setelah beberapa hari inkubasi. Berdasarkan pencahayaan *candling*, embrio sempat terbentuk namun tidak berkembang secara optimal, dan akhirnya mati pada fase awal inkubasi.
2. Telur infertil: Satu telur lainnya berasal dari ayam betina yang tidak dikawinkan. Ayam betina tersebut merupakan ayam petelur yang mengonsumsi pakan khusus tinggi vitamin (jenis pur ayam petelur), sehingga mampu menghasilkan telur tanpa dibuahi. Kondisi ini menyebabkan telur bersifat infertil, yang teridentifikasi sejak awal melalui metode *candling* karena tidak tampak adanya pembuluh darah maupun perkembangan embrio di dalam cangkang.

Hasil ini menunjukkan bahwa keberhasilan proses penetasan tidak hanya ditentukan oleh kinerja mesin tetas, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kualitas awal telur, termasuk usia penyimpanan dan status fertilitasnya. Oleh karena itu, pemilihan telur yang berkualitas dan fertil sangat penting dalam menunjang efektivitas sistem penetasan otomatis yang dikembangkan.



Gambar 4.32 Day Old Chick (DOC)/Anak Ayam Umur Satu Hari

Sumber: Suci Indah Ismana

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai **Implementasi Algoritma *Analytic Hierarchy Process* (AHP) pada Mesin Penetasan Telur Ayam Berbasis *Internet of Things* (IoT)**, dapat disimpulkan bahwa sistem mesin penetas berbasis IoT yang menggunakan sensor suhu dan kelembapan berhasil dirancang dan diimplementasikan secara fungsional dengan memanfaatkan komponen ESP32, sensor DHT11, LCD I2C, dan perangkat pendukung lainnya. Penerapan algoritma AHP dalam sistem ini memungkinkan pengambilan keputusan optimal berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu suhu, kelembapan, dan rotasi telur, sehingga membantu menjaga kestabilan kondisi lingkungan inkubasi agar tetap ideal. Pengujian yang dilakukan terhadap lima butir telur ayam Siam menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan efisiensi dan keberhasilan penetasan hingga 80%–90%, jauh lebih tinggi dibandingkan metode konvensional yang hanya mencapai sekitar 50%–60%. Selain itu, sistem berhasil mengotomatisasi proses rotasi telur setiap tiga jam, mempercepat waktu penetasan menjadi rata-rata 19 hari, serta pemantauan dan pengendalian secara real-time melalui web. Secara keseluruhan, penggunaan metode AHP terbukti efektif dalam membantu penentuan prioritas pengaturan parameter dan meningkatkan akurasi sistem dalam mengelola kondisi mesin penetas.

Setelah dilakukan proses penetasan selama ± 19 hari, dari lima butir telur ayam Siam yang diuji, tiga butir telur berhasil menetas dengan baik, sedangkan dua butir telur mengalami kegagalan penetasan. Penyebab kegagalan ini dianalisis sebagai berikut: telur pertama mengalami kematian embrio dini (*early death*) akibat penyimpanan terlalu lama (± 1 bulan), yang menyebabkan penurunan kualitas kuning telur dan pembekuan sebagian, sehingga embrio gagal berkembang. Telur kedua bersifat infertil, berasal dari ayam betina yang tidak dikawinkan namun mampu bertelur karena mengonsumsi pakan tinggi vitamin, dan sejak awal inkubasi tidak menunjukkan tanda-tanda perkembangan embrio melalui metode *candling*. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan proses penetasan tidak hanya bergantung pada kinerja mesin tetas, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kualitas awal telur, termasuk usia penyimpanan dan status fertilitasnya. Oleh karena itu, dalam penerapan sistem mesin tetas otomatis, pemilihan telur yang berkualitas dan fertil menjadi faktor penting yang harus diperhatikan untuk menunjang efektivitas dan keberhasilan penetasan telur ayam.

5.2 Saran

Penelitian ini memberikan peluang untuk pengembangan lebih lanjut di beberapa aspek. Pertama, sistem dapat diperluas untuk skala produksi dengan kapasitas lebih besar, serta menggunakan sensor industri dengan akurasi lebih tinggi. Kedua, pengintegrasian sistem dengan sumber energi alternatif seperti tenaga surya direkomendasikan guna meningkatkan efisiensi energi dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Ketiga, pemantauan berbasis web perlu ditingkatkan dari segi visualisasi data dan notifikasi, agar lebih informatif dan responsif terhadap kondisi darurat. Keempat, evaluasi berkala terhadap hasil perhitungan AHP dan nilai konsistensinya penting dilakukan untuk menjaga kualitas pengambilan keputusan yang optimal. Terakhir, penelitian lanjutan diharapkan dapat mencakup diversifikasi jenis telur, seperti ayam kampung atau ayam ras Eropa, untuk mengamati pengaruh parameter inkubasi terhadap keberhasilan penetasan dari spesies yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, I. H., Sari, I. P. (2021). *Combination of Analytic Hierarchy Process (AHP) Method and Profile Matching Method with Matrix Decomposition in Determining Olympiad Candidates*. Jurnal Internasional Ekonomi, Teknologi dan Ilmu Sosial, 2(2), 470-477.
https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=biW7NNYAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=biW7NNYAAAJ:hqOjcs7Dif8C
- Hermawan, R. (2020). *Mesin Tetap*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Hutagalung, F. S., Hutasuht, B. K., & Al-Khowarizmi. (2020). *Comparison of Simple Additive Weighting (SAW) and Promethee Methods in Rice Quality Selection*. Jurnal Ilmu Komputer, Teknologi Informasi dan Teknik Telekomunikasi, 1(1), 30.
https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=mSmTk7QAAAAJ&citation_for_view=mSmTk7QAAAAJ:u5HHmVD_uO8C
- Jamil, M., Wahab, I. H. A., Kiswanto, & Alting, H. (2022). *Pemrograman Arduino dan Internet of Things*. Yogyakarta: Deepublish.
- Kadir, A. (2024). *Pemrograman Arduino & Python*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Marsono. (2020). *Penggunaan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam Penelitian*. Bogor: In Media.
- Mulyana, A. (2024). *Internet of Things*. Bandung: Informatika.
- Pribadi, D., Saputra, R. A., Hudin, J. M., & Gunawan. (2020). *Sistem Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research, 48(1), 9–26.
- Sari, I. P. (2019). *Analytic Hierarchy Process (AHP) Ekspansi untuk Pengambilan Keputusan Masalah dalam Inovasi Kerangka Pengukuran Kinerja* [tesis]. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=biW7NNYAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=biW7NNYAAAJ:ufrVoPGSRksC
- Subagja, H., Saleh, A. S., & Kustiawan, E. (2022). *Mesin Penetas Telur Bebek*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sudrajat, R., & Rofifah, F. (2023). *Rancang Bangun Sistem Kendali Kipas Angin dengan*

- Sensor Suhu dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno*. E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer, 7(1), 555-564. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i1.12082>
- Supriadi, A., Rustandi, A., Komarlina, D. H. L., & Ardiani, G. T. (2018). *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Yogyakarta: Deepublish.
- Wasista, S., Setiawardhana, Saraswati, D. A., & Susanto, E. (2019). *Aplikasi Internet of Things (IoT) dengan Arduino dan Android*. Yogyakarta: Deepublish.
- Zein, A., & Eriana, E. S. (2023). *Internet of Things*. Jawa Barat: Adab.

LAMPIRAN

Database spk_ahp

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for the 'spk_ahp' database. The left sidebar displays the database structure, including 'spk_ahp' and its tables: 'alternatif', 'hasil_ahp', 'keputusan', 'prioritas', 'sensor_data', and 'users'. The main panel shows the 'Structure' tab for the 'spk_ahp' database. A table with 6 rows and 7 columns is displayed, listing the tables and their properties.

Table	Action	Rows	Type	Collation	Size	Overhead
☐ alternatif		3	InnoDB	utf8mb4_general_ci	16.0 KiB	-
☐ hasil_ahp		19	InnoDB	utf8mb4_general_ci	16.0 KiB	-
☐ keputusan		19	InnoDB	utf8mb4_general_ci	16.0 KiB	-
☐ prioritas		3	InnoDB	utf8mb4_general_ci	16.0 KiB	-
☐ sensor_data		19	InnoDB	utf8mb4_general_ci	32.0 KiB	-
☐ users		1	InnoDB	utf8mb4_general_ci	32.0 KiB	-
6 tables	Sum	64	InnoDB	utf8mb4_general_ci	128.0 KiB	0 B

Below the table, there is a 'Create new table' section with fields for 'Table name' and 'Number of columns' (set to 4), and a 'Create' button.

Lampiran I : Code Program Arduino IDE (ESP32)

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ESP32Servo.h>
#include <EEPROM.h>
#include "DHT.h"
#include "time.h"

#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
#define SERVO_PIN 13
#define RELAY_LAMPU 26
#define RELAY_KIPAS 27

const char* ssid = "wifi";
const char* password = "password wifi";
const char* serverName = "http://192.168.121.219/spk_ahp/simpan_data.php";

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Servo servo;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

const unsigned long intervalServo = 3 * 60 * 60 * 1000;
unsigned long lastServoTime = 0;
bool sudahKirimHariIni = false;

const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const long gmtOffset_sec = 7 * 3600;
const int daylightOffset_sec = 0;

#define EEPROM_SIZE 11
char tanggal_terakhir[11];

int jumlah_rotasi = 0; // □ Tambahan: jumlah rotasi per hari

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  EEPROM.begin(EEPROM_SIZE);
  for (int i = 0; i < 10; i++) {
    tanggal_terakhir[i] = EEPROM.read(i);
  }
  tanggal_terakhir[10] = '\0';

  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
```

```

    Serial.println("Menghubungkan ke WiFi...");
}
Serial.println("Terhubung ke WiFi!");

configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);

dht.begin();
servo.attach(SERVO_PIN);
lcd.init();
lcd.backlight();

pinMode(RELAY_LAMPU, OUTPUT);
pinMode(RELAY_KIPAS, OUTPUT);
digitalWrite(RELAY_LAMPU, HIGH);
digitalWrite(RELAY_KIPAS, HIGH);

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("ESP32 Penetas");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Sistem Aktif");
delay(2000);
lcd.clear();
}

void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();

    float suhu = dht.readTemperature();
    float kelembapan = dht.readHumidity();

    if (isnan(suhu) || isnan(kelembapan)) {
        Serial.println("Error membaca DHT11!");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("DHT11 Error!");
        return;
    }

    Serial.print("Suhu: "); Serial.print(suhu); Serial.print(" °C, ");
    Serial.print("Kelembapan: "); Serial.print(kelembapan); Serial.println(" %");

    if (suhu < 37.5) {
        digitalWrite(RELAY_LAMPU, LOW);
        Serial.println("Lampu NYALA");
    } else if (suhu > 38.5) {
        digitalWrite(RELAY_LAMPU, HIGH);
        Serial.println("Lampu MATI");
    }
}

```

```

if (kelembapan > 60) {
    digitalWrite(RELAY_KIPAS, LOW);
    Serial.println("Kipas NYALA");
} else if (kelembapan < 50) {
    digitalWrite(RELAY_KIPAS, HIGH);
    Serial.println("Kipas MATI");
}

if (currentMillis - lastServoTime >= intervalServo) {
    lastServoTime = currentMillis;
    Serial.println("Memutar telur...");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Memutar Telur...");

    servo.write(0);
    delay(2000);
    servo.write(90);
    delay(2000);
    servo.write(0);

    jumlah_rotasi++; // □ Tambahkan rotasi
    lcd.clear();
}

struct tm timeinfo;
if (getLocalTime(&timeinfo)) {
    char tanggal[11];
    strftime(tanggal, sizeof(tanggal), "%Y-%m-%d", &timeinfo);

    int jam = timeinfo.tm_hour;
    int menit = timeinfo.tm_min;

    if (jam == 19 && menit == 30 && !sudahKirimHariIni) {
        kirimData(tanggal, suhu, kelembapan, jumlah_rotasi);
        strcpy(tanggal_terakhir, tanggal);

        for (int i = 0; i < 10; i++) {
            EEPROM.write(i, tanggal[i]);
        }
        EEPROM.commit();

        Serial.println("□ Data terkirim pada jam 19:30");
        sudahKirimHariIni = true;

        jumlah_rotasi = 0; // □ Reset jumlah rotasi setelah kirim
    }
}

```

```

        if (strcmp(tanggal, tanggal_terakhir) != 0) {
            sudahKirimHariIni = false;
        }
    }

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Suhu: "); lcd.print(suhu); lcd.print("C ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Kelembapan: "); lcd.print(kelembapan); lcd.print("%");

    delay(2000);
    lcd.clear();
}

void kirimData(const char* tanggal, float suhu, float kelembapan, int rotasi) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;
        String url = serverName;
        url += "?tanggal=" + String(tanggal) + "&suhu=" + String(suhu) + "&kelembapan=" +
String(kelembapan);
        url += "&rotasi=" + String(rotasi); // □ Tambahkan rotasi

        Serial.print("Mengirim data ke: ");
        Serial.println(url);

        http.begin(url);
        int httpResponseCode = http.GET();

        if (httpResponseCode > 0) {
            Serial.print("Data terkirim: ");
            Serial.println(httpResponseCode);
            Serial.println(http.getString());
        } else {
            Serial.print("Gagal mengirim data: ");
            Serial.println(http.errorToString(httpResponseCode).c_str());
        }
        http.end();
    } else {
        Serial.println("WiFi terputus! Data tidak terkirim.");
    }
}
}

```

Lampiran II : Source Code login.php

```
<?php
session_start();
include "config.php"; // Pastikan ada file config.php

if (isset($_SESSION['username'])) {
    header("Location: dashboard.php"); // Jika sudah login, langsung ke dashboard
    exit();
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Login</title>
    <style>
        /* Background Animasi */
        @keyframes gradientBG {
            0% { background-position: 0% 50%; }
            50% { background-position: 100% 50%; }
            100% { background-position: 0% 50%; }
        }

        body {
            font-family: Arial, sans-serif;
            /* Gradient Background yang bergerak */
            background: linear-gradient(-45deg, #6a11cb, #2575fc, #ff6b6b, #ffa502);
            background-size: 400% 400%;
            animation: gradientBG 15s ease infinite; /* Perubahan durasi menjadi 15 detik untuk
transisi lebih lembut */
            height: 100vh;
            display: flex;
            justify-content: center;
            align-items: center;
            flex-direction: column;
            margin: 0;
        }

        /* Animasi petunjuk (naik turun) */
        @keyframes floatingText {
            0% { transform: translateY(0); opacity: 0.8; }
            50% { transform: translateY(-10px); opacity: 1; }
            100% { transform: translateY(0); opacity: 0.8; }
        }

        /* Petunjuk Login */
```

```

.petunjuk {
  color: white;
  font-size: 18px;
  margin-bottom: 20px;
  animation: floatingText 2s ease-in-out infinite;
}

/* Container Form */
.login-container {
  background: white;
  padding: 30px;
  border-radius: 10px;
  box-shadow: 0 5px 15px rgba(0, 0, 0, 0.2);
  width: 320px;
  text-align: center;
  transition: transform 0.3s ease;
}

.login-container:hover {
  transform: scale(1.05);
}

/* Judul */
.login-container h2 {
  margin-bottom: 20px;
  color: #333;
  font-size: 24px;
  font-weight: bold;
  text-transform: uppercase;
}

/* Input */
.login-container input {
  width: 100%;
  padding: 10px;
  margin: 8px 0;
  border: 1px solid #ddd;
  border-radius: 5px;
  font-size: 16px;
  transition: all 0.3s ease;
}

.login-container input:focus {
  border-color: #2575fc;
  box-shadow: 0 0 8px rgba(37, 117, 252, 0.5);
  outline: none;
}

```

```

/* Animasi tombol login (pulse effect) */
@keyframes pulse {
  0% { transform: scale(1); }
  50% { transform: scale(1.05); }
  100% { transform: scale(1); }
}

/* Tombol Login */
.login-container button {
  width: 100%;
  padding: 10px;
  background: #2575fc;
  color: white;
  border: none;
  border-radius: 5px;
  font-size: 16px;
  cursor: pointer;
  transition: all 0.3s ease;
  margin-top: 10px;
  animation: pulse 2s infinite;
}

.login-container button:hover {
  background: #1a5ed2;
}
</style>
</head>
<body>

<!-- Petunjuk dengan animasi bergerak -->
<div class="petunjuk">↓ Masukkan username & password ↓</div>

<!-- Form Login -->
<div class="login-container">
  <h2>Login</h2>
  <form action="proses_login.php" method="POST">
    <input type="text" name="username" placeholder="Username" required>
    <input type="password" name="password" placeholder="Password" required>
    <button type="submit">Login</button>
  </form>
</div>

</body>
</html>

```

Lampiran III : Source Code dashboard.php

```
<?php
error_reporting(E_ALL);
ini_set('display_errors', 1);
session_start();
include "config.php";

if (!isset($_SESSION['username'])) {
    die("❑ Error: Anda belum login! <a href='login.php'>Login di sini</a>");
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Dashboard</title>
    <style>
        /* Import Font Keren */
        @import
url('https://fonts.googleapis.com/css2?family=Poppins:wght@300;400;600&display=swap');

        /* Animasi Background */
        @keyframes gradientBG {
            0% { background-position: 0% 50%; }
            50% { background-position: 100% 50%; }
            100% { background-position: 0% 50%; }
        }

        body {
            font-family: 'Poppins', sans-serif;
            background: linear-gradient(-45deg, #ff9f43, #ff6b6b, #4facfe, #00c6ff);
            background-size: 400% 400%;
            animation: gradientBG 10s ease infinite;
            height: 100vh;
            display: flex;
            flex-direction: column;
            align-items: center;
            justify-content: center;
            margin: 0;
            color: white;
            text-align: center;
        }

        h2 {
            font-size: 36px;
            font-weight: 600;
```

```

    text-transform: uppercase;
    margin-bottom: 20px;
    color: #fff;
}

p {
    font-size: 20px;
    font-weight: 300;
    margin-bottom: 30px;
    color: #ddd;
}

/* Card Container */
.dashboard-card-container {
    display: flex;
    justify-content: center;
    gap: 20px;
    margin-top: 40px;
    flex-wrap: wrap;
}

/* Card Style */
.card {
    background-color: #ffffff;
    padding: 20px;
    border-radius: 12px;
    width: 250px;
    box-shadow: 0 8px 15px rgba(0, 0, 0, 0.1);
    transition: transform 0.3s ease;
}

.card:hover {
    transform: translateY(-10px);
    box-shadow: 0 15px 30px rgba(0, 0, 0, 0.2);
}

.card h3 {
    font-size: 24px;
    font-weight: 600;
    color: #333;
    margin-bottom: 10px;
}

.card p {
    font-size: 16px;
    color: #666;
    margin-bottom: 20px;
}

```

```

.card a {
  text-decoration: none;
  padding: 10px 20px;
  background-color: #3498db;
  color: white;
  border-radius: 8px;
  font-weight: 600;
  display: inline-block;
  transition: background-color 0.3s ease;
}

.card a:hover {
  background-color: #2980b9;
}

/* Navigation Menu */
ul {
  list-style: none;
  padding: 0;
  display: flex;
  justify-content: center;
  gap: 25px;
  margin-top: 30px;
}

li {
  display: inline-block;
}

a {
  text-decoration: none;
  padding: 14px 25px;
  border-radius: 10px;
  font-weight: 600;
  font-size: 18px;
  transition: all 0.3s ease;
  display: inline-block;
}

/* Button Styling */
.btn {
  background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
  color: white;
  backdrop-filter: blur(5px);
  border: 2px solid rgba(255, 255, 255, 0.3);
  box-shadow: 0px 4px 10px rgba(0, 0, 0, 0.2);
}

```

```

.btn:hover {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.4);
    transform: scale(1.05);
    color: black;
}

.btn-danger {
    background: #ff4757;
    border: 2px solid #e84118;
}

.btn-danger:hover {
    background: #e84118;
    color: white;
}
</style>
</head>
<body>

<h2>□ Dashboard AHP □</h2>
<p>Selamat Datang di Sistem AHP!</p>

<!-- Card Container -->
<div class="dashboard-card-container">
    <div class="card">
        <h3>Alternatif</h3>
        <p>Tambah atau lihat alternatif untuk perhitungan AHP.</p>
        <a href="alternatif.php">Go to Alternatif</a>
    </div>
    <div class="card">
        <h3>Prioritas</h3>
        <p>Set prioritas kriteria untuk analisis lebih lanjut.</p>
        <a href="prioritas.php">Go to Prioritas</a>
    </div>
    <div class="card">
        <h3>Tabel Keputusan</h3>
        <p>Lihat tabel keputusan yang telah disusun.</p>
        <a href="tabel_keputusan.php">Go to Tabel Keputusan</a>
    </div>
    <div class="card">
        <h3>Hasil Perhitungan</h3>
        <p>Lihat hasil perhitungan AHP yang telah dianalisis.</p>
        <a href="hasil.php">Go to Hasil</a>
    </div>
</div>

<!-- Navigation Menu -->

```

```
<ul>
  <li><a href="logout.php" class="btn btn-danger">❏ Logout</a></li>
</ul>

</body>
</html>
```

Lampiran IV : Source Code alternatif.php

```
<?php
session_start();
include "config.php";

// Menambahkan alternatif dengan ID berurutan
if (isset($_POST['tambah'])) {
    $nama = $_POST['nama'];

    // Mencari ID terakhir lalu tambah 1
    $query_get_last_id = "SELECT MAX(id) AS last_id FROM alternatif";
    $result = mysqli_query($conn, $query_get_last_id);
    $row = mysqli_fetch_assoc($result);
    $new_id = ($row['last_id'] ?? 0) + 1; // Jika kosong, mulai dari 1

    // Masukkan data dengan IDurut
    $query = "INSERT INTO alternatif (id, nama) VALUES ('$new_id', '$nama')";

    if (mysqli_query($conn, $query)) {
        $_SESSION['message'] = "☐ Alternatif berhasil ditambahkan!";
        $_SESSION['message_type'] = "success";
    } else {
        $_SESSION['message'] = "☐ Gagal menambahkan alternatif!";
        $_SESSION['message_type'] = "error";
    }
    header("Location: alternatif.php");
    exit();
}

// Menghapus alternatif & reset ID
if (isset($_GET['hapus'])) {
    $id = $_GET['hapus'];
    $query = "DELETE FROM alternatif WHERE id='$id'";

    if (mysqli_query($conn, $query)) {
        // Reset ID agar tetap berurutan
        mysqli_query($conn, "SET @num := 0;");
        mysqli_query($conn, "UPDATE alternatif SET id = @num := (@num+1);");

        $_SESSION['message'] = "☐ Alternatif berhasil dihapus!";
        $_SESSION['message_type'] = "success";
    } else {
        $_SESSION['message'] = "☐ Gagal menghapus alternatif!";
        $_SESSION['message_type'] = "error";
    }
    header("Location: alternatif.php");
    exit();
}
```

```

}
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Kelola Alternatif</title>
  <style>
    /* Background Animasi */
    @keyframes gradientBG {
      0% { background-position: 0% 50%; }
      50% { background-position: 100% 50%; }
      100% { background-position: 0% 50%; }
    }

    body {
      font-family: Arial, sans-serif;
      background: linear-gradient(-45deg, #ff9f43, #ff6b6b, #4facfe, #00c6ff);
      background-size: 400% 400%;
      animation: gradientBG 6s ease infinite;
      height: 100vh;
      display: flex;
      flex-direction: column;
      align-items: center;
      justify-content: center;
      margin: 0;
      color: white;
    }

    h2 {
      text-align: center;
      margin-bottom: 20px;
    }

    /* Notifikasi Pesan */
    .notification {
      position: absolute;
      top: 20px;
      left: 50%;
      transform: translateX(-50%);
      padding: 15px;
      border-radius: 8px;
      font-size: 16px;
      font-weight: bold;
      text-align: center;
      min-width: 300px;
    }
  </style>

```

```

    z-index: 1000;
    opacity: 0;
    transition: opacity 0.5s ease-in-out;
}

.success {
    background-color: #2ed573;
    color: white;
}

.error {
    background-color: #ff4757;
    color: white;
}

/* Form Tambah Alternatif */
form {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
    padding: 15px;
    border-radius: 10px;
    backdrop-filter: blur(10px);
    display: flex;
    gap: 10px;
    align-items: center;
    justify-content: center;
    margin-bottom: 20px;
}

input[type="text"] {
    padding: 10px;
    border: none;
    border-radius: 5px;
    width: 200px;
    font-size: 16px;
}

/* Tombol Simpan */
.btn-simpan {
    background: #4caf50;
    color: white;
    border: none;
    padding: 10px 15px;
    font-size: 16px;
    border-radius: 5px;
    cursor: pointer;
    transition: 0.3s;
    box-shadow: 0 4px 10px rgba(0, 0, 0, 0.2);
}

```

```

.btn-simpan:hover {
    background: #43a047;
    box-shadow: 0 6px 12px rgba(0, 0, 0, 0.3);
}

/* Tabel Styling */
table {
    width: 80%;
    max-width: 600px;
    border-collapse: collapse;
    margin-top: 10px;
    background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
    backdrop-filter: blur(10px);
    border-radius: 10px;
    overflow: hidden;
}

th, td {
    padding: 12px;
    text-align: center;
    border-bottom: 1px solid rgba(255, 255, 255, 0.3);
}

th {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.3);
}

tr:hover {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
}

/* Tombol Hapus */
.hapus {
    background: #ff4757;
    color: white;
    padding: 7px 12px;
    border-radius: 5px;
    text-decoration: none;
    font-size: 14px;
    transition: 0.3s;
    display: inline-flex;
    align-items: center;
    gap: 5px;
}

.hapus:hover {
    background: #d63031;
}

```

```

        transform: scale(1.05);
    }

    /* Tombol Kembali */
    .btn-dashboard {
        margin-top: 20px;
        padding: 10px 20px;
        background: #2ed573;
        color: white;
        text-decoration: none;
        border-radius: 5px;
        font-weight: bold;
        transition: 0.3s;
    }

    .btn-dashboard:hover {
        background: #1e8f4c;
    }
</style>
</head>
<body>

<!-- Notifikasi -->
<?php if (isset($_SESSION['message'])): ?>
    <div class="notification" <?php echo $_SESSION['message_type']; ?>" id="notif">
        <?php echo $_SESSION['message']; ?>
    </div>
    <?php unset($_SESSION['message'], $_SESSION['message_type']); ?>
<?php endif; ?>

<h2>Kelola Alternatif</h2>

<!-- Form Tambah Alternatif -->
<form method="POST">
    <input type="text" name="nama" placeholder="Nama Alternatif" required>
    <button type="submit" name="tambah" class="btn-simpan"> ☐ Simpan</button>
</form>

<!-- Tabel Alternatif -->
<table>
    <tr>
        <th>No</th>
        <th>Nama Alternatif</th>
        <th>Aksi</th>
    </tr>
    <?php
$query = "SELECT * FROM alternatif";
$result = mysqli_query($conn, $query);

```

```

$no = 1;
while ($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
    echo "<tr>
        <td>{$no}</td>
        <td>{$row['nama']}</td>
        <td>
            <a href='alternatif.php?hapus={$row['id']}' onclick='return confirm(\"Yakin
ingin menghapus?\")' class='hapus'>❏ Hapus</a>
        </td>
    </tr>";
    $no++;
}
?>
</table>

<!-- Tombol Kembali -->
<a href="dashboard.php" class="btn-dashboard">Kembali ke Dashboard</a>

<script>
    // Notifikasi akan muncul hanya sekali dan hilang setelah beberapa detik
    window.onload = function() {
        let notif = document.getElementById("notif");
        if (notif) {
            notif.style.opacity = "1";
            setTimeout(() => {
                notif.style.opacity = "0";
            }, 3000); // Hilang setelah 3 detik
        }
    };
</script>

</body>
</html>

```

Lampiran V : Source Code prioritas.php

```
<?php
session_start();
include "config.php";

// Menambahkan prioritas
if (isset($_POST['tambah'])) {
    $simbol = $_POST['simbol'];
    $atribut = $_POST['atribut'];
    $prioritas = $_POST['prioritas'];

    $query = "INSERT INTO prioritas (simbol, atribut, prioritas) VALUES ('$simbol',
'$atribut', '$prioritas')";
    if (mysqli_query($conn, $query)) {
        $_SESSION['message'] = "□ Data berhasil disimpan!";
        $_SESSION['message_type'] = "success";
    } else {
        $_SESSION['message'] = "□ Gagal menyimpan data!";
        $_SESSION['message_type'] = "error";
    }
    header("Location: prioritas.php");
    exit();
}

// Menghapus prioritas
if (isset($_GET['hapus'])) {
    $id = $_GET['hapus'];

    // Hapus data dari tabel prioritas
    $query = "DELETE FROM prioritas WHERE id='$id'";
    if (mysqli_query($conn, $query)) {
        // **Reset ID di database agar tetap berurutan**
        mysqli_query($conn, "SET @num := 0;");
        mysqli_query($conn, "UPDATE prioritas SET id = @num := @num + 1 ORDER BY
id;");
        mysqli_query($conn, "ALTER TABLE prioritas AUTO_INCREMENT = 1;");

        $_SESSION['message'] = "□ Data berhasil dihapus!";
        $_SESSION['message_type'] = "success";
    } else {
        $_SESSION['message'] = "□ Gagal menghapus data!";
        $_SESSION['message_type'] = "error";
    }
    header("Location: prioritas.php");
    exit();
}

?>
```



```

}

body {
  font-family: Arial, sans-serif;
  background: linear-gradient(-45deg, #ff9f43, #ff6b6b, #4facfe, #00c6ff);
  background-size: 400% 400%;
  animation: gradientBG 10s ease infinite;
  height: 100vh;
  display: flex;
  flex-direction: column;
  align-items: center;
  justify-content: center;
  margin: 0;
  color: white;
}

h2 {
  text-align: center;
}

/* Form Tambah Prioritas */
form {
  background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
  padding: 15px;
  border-radius: 10px;
  backdrop-filter: blur(10px);
  display: flex;
  gap: 10px;
  align-items: center;
  justify-content: center;
  margin-bottom: 20px;
}

input[type="text"], input[type="number"] {
  padding: 10px;
  border: none;
  border-radius: 5px;
  width: 150px;
  font-size: 16px;
}

/* Tombol */
.btn-simpan {
  background: #4caf50;
  color: white;
  border: none;
  padding: 10px 15px;
  font-size: 16px;
}

```

```

    border-radius: 5px;
    cursor: pointer;
    transition: 0.3s;
}

.btn-simpan:hover {
    background: #43a047;
}

/* Tabel Prioritas */
table {
    width: 80%;
    max-width: 600px;
    border-collapse: collapse;
    margin-top: 10px;
    background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
    backdrop-filter: blur(10px);
    border-radius: 10px;
    overflow: hidden;
}

th, td {
    padding: 12px;
    text-align: center;
    border-bottom: 1px solid rgba(255, 255, 255, 0.3);
}

th {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.3);
}

tr:hover {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
}

/* Tombol Hapus */
.hapus {
    background: #ff4757;
    color: white;
    padding: 7px 12px;
    border-radius: 5px;
    text-decoration: none;
    font-size: 14px;
    transition: 0.3s;
}

.hapus:hover {
    background: #d63031;
}

```

```

    }

    /* Tombol Kembali */
    .btn-dashboard {
        margin-top: 20px;
        padding: 10px 20px;
        background: #2ed573;
        color: white;
        text-decoration: none;
        border-radius: 5px;
        font-weight: bold;
    }

    .btn-dashboard:hover {
        background: #1e8f4c;
    }
</style>
</head>
<body>

<!-- Notifikasi -->
<?php if (isset($_SESSION['message'])): ?>
    <div class="notification <?php echo $_SESSION['message_type']; ?>">
        <?php echo $_SESSION['message']; ?>
    </div>
    <?php unset($_SESSION['message'], $_SESSION['message_type']); ?>
<?php endif; ?>

<h2>Tetapkan Prioritas</h2>

<!-- Form Tambah Prioritas -->
<form method="POST">
    <input type="text" name="simbol" placeholder="Simbol (misal: C1)" required>
    <input type="text" name="atribut" placeholder="Atribut" required>
    <input type="number" step="0.01" name="prioritas" placeholder="Prioritas" required>
    <button type="submit" name="tambah" class="btn-simpan"> ☐ Simpan</button>
</form>

<!-- Tabel Prioritas -->
<table>
    <tr>
        <th>No</th>
        <th>Simbol</th>
        <th>Atribut</th>
        <th>Prioritas</th>
        <th>Aksi</th>
    </tr>
<?php

```

```

$query = "SELECT * FROM prioritas ORDER BY prioritas DESC";
$result = mysqli_query($conn, $query);
$no = 1;
while ($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
    echo "<tr>
        <td>{$no}</td>
        <td>{$row['simbol']}</td>
        <td>{$row['atribut']}</td>
        <td>{$row['prioritas']}</td>
        <td><a href='prioritas.php?hapus={$row['id']}' class='hapus'>❏ Hapus</a></td>
    </tr>";
    $no++;
}
?>
</table>

<a href="dashboard.php" class="btn-dashboard">Kembali ke Dashboard</a>

</body>
</html>

```

Lampiran VI : Source Code tabel_keputusan.php

```
<?php
session_start();
include "config.php";

// Ambil daftar simbol kriteria dari database
$query_prioritas = "SELECT simbol FROM prioritas LIMIT 3";
$result_prioritas = mysqli_query($conn, $query_prioritas);
$kriteria_nama = [];

$default_kriteria = ['Kriteria 1', 'Kriteria 2', 'Kriteria 3'];

while ($row = mysqli_fetch_assoc($result_prioritas)) {
    $kriteria_nama[] = $row['simbol'];
}

// Jika simbol tidak cukup, gunakan default
for ($i = count($kriteria_nama); $i < 3; $i++) {
    $kriteria_nama[] = $default_kriteria[$i];
}

// Menambahkan data keputusan
if (isset($_POST['tambah'])) {
    $nama_alternatif = mysqli_real_escape_string($conn, $_POST['nama_alternatif']);
    $kriteria1 = mysqli_real_escape_string($conn, $_POST['kriteria1']);
    $kriteria2 = mysqli_real_escape_string($conn, $_POST['kriteria2']);
    $kriteria3 = mysqli_real_escape_string($conn, $_POST['kriteria3']);

    $query = "INSERT INTO keputusan (nama_alternatif, kriteria1, kriteria2, kriteria3)
        VALUES (?, ?, ?, ?)";
    $stmt = mysqli_prepare($conn, $query);
    mysqli_stmt_bind_param($stmt, 'ssss', $nama_alternatif, $kriteria1, $kriteria2, $kriteria3);

    if (mysqli_stmt_execute($stmt)) {
        echo "<script>alert('Data berhasil ditambahkan!');
        window.location.href='tabel_keputusan.php';</script>";
    } else {
        echo "<script>alert('Gagal menambahkan data!');</script>";
    }
}

// Menghapus data keputusan
if (isset($_GET['hapus'])) {
    $id = $_GET['hapus'];

    // Hapus data keputusan terlebih dahulu
    $query = "DELETE FROM keputusan WHERE id='$id'";
    if (mysqli_query($conn, $query)) {
```

```

// Reset ID agar tetap berurutan
mysqli_query($conn, "SET @num := 0;");
mysqli_query($conn, "UPDATE keputusan SET id = @num := @num + 1 ORDER BY
id;");
mysqli_query($conn, "ALTER TABLE keputusan AUTO_INCREMENT = 1;");

echo "<script>alert('Data berhasil dihapus!');
window.location.href='tabel_keputusan.php';</script>";
} else {
echo "<script>alert('Gagal menghapus data!');</script>";
}
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<title>Tabel Keputusan</title>
<style>
@import
url('https://fonts.googleapis.com/css2?family=Poppins:wght@300;400;600&display=swap');

/* Efek Background */
body {
font-family: 'Poppins', sans-serif;
background: #1e1e2f;
color: white;
text-align: center;
padding: 20px;
margin: 0;
overflow: auto;
position: relative;
}

/* Tambahkan efek partikel */
#particles-js {
position: absolute;
width: 100%;
height: 100%;
top: 0;
left: 0;
z-index: -1;
}

h2 {
font-size: 28px;

```

```

    font-weight: 600;
    margin-bottom: 20px;
}

/* Form Input */
form {
    background: rgba(255, 255, 255, 0.1);
    padding: 20px;
    border-radius: 8px;
    box-shadow: 0px 4px 10px rgba(255, 255, 255, 0.2);
    display: inline-block;
    margin-bottom: 20px;
    backdrop-filter: blur(10px);
}

input {
    padding: 10px;
    margin: 5px;
    border-radius: 5px;
    border: 1px solid #ccc;
    width: 200px;
}

button {
    background: #4caf50;
    color: white;
    padding: 10px 15px;
    border: none;
    border-radius: 5px;
    cursor: pointer;
    transition: 0.3s;
}

button:hover {
    background: #45a049;
    transform: scale(1.05);
}

/* Tabel */
table {
    width: 100%;
    border-collapse: collapse;
    margin-top: 20px;
    background: rgba(255, 255, 255, 0.1);
    backdrop-filter: blur(10px);
}

th, td {

```

```

border: 1px solid #ddd;
padding: 10px;
color: white;
}

th {
background: #4caf50;
}

tr:nth-child(even) {
background: rgba(255, 255, 255, 0.1);
}

tr:hover {
background: rgba(255, 255, 255, 0.2);
transition: 0.3s;
}

/* Tombol Aksi */
.btn-hapus {
background: #ff4747;
padding: 8px 12px;
border-radius: 5px;
color: white;
text-decoration: none;
transition: 0.3s;
display: inline-block;
text-align: center;
margin: 0 auto;
}

.btn-hapus:hover {
background: #e84141;
transform: scale(1.05);
}

td.aksi {
text-align: center;
}

/* Tombol Kembali (ubah warna seperti logout) */
.btn-kembali {
background:rgb(131, 245, 239); /* Warna merah */
padding: 10px 15px;
border-radius: 5px;
color: black;
text-decoration: none;
transition: 0.3s;
}

```

```

        text-align: center;
    }

    .btn-kembali:hover {
        background:rgb(131, 245, 239); /* Warna merah lebih gelap saat hover */
        transform: scale(1.05);
    }

    /* Kontainer tombol agar sejajar ke bawah */
    .button-container {
        display: flex;
        flex-direction: column; /* Susun tombol ke bawah */
        align-items: center; /* Pusatkan tombol */
        gap: 15px; /* Jarak antar tombol */
        margin-top: 20px;
    }

    /* Tombol Normalisasi */
    .btn-hitung {
        background: #4caf50; /* Warna hijau */
        color: white;
        padding: 12px 20px;
        border: none;
        border-radius: 5px;
        cursor: pointer;
        transition: 0.3s;
        text-align: center;
        display: block;
        width: 200px; /* Agar ukurannya sama */
    }

    .btn-hitung:hover {
        background: #45a049;
        transform: scale(1.05);
    }
</style>
</head>
<body>

<!-- Efek Partikel -->
<div id="particles-js"></div>

<h2>□ Tabel Keputusan & Normalisasi</h2>

<!-- Form Tambah Data Keputusan -->
<form method="POST">
    <input type="text" name="nama_alternatif" placeholder="Nama Alternatif" required>

```

```



```

```

<!-- Tabel Data Keputusan -->

```

```

<table>
<tr>
<th>No</th>
<th>Alternatif</th>
<th><?php echo $kriteria_nama[0]; ?></th>
<th><?php echo $kriteria_nama[1]; ?></th>
<th><?php echo $kriteria_nama[2]; ?></th>
<th>Aksi</th>
</tr>
<?php
$query = "SELECT * FROM keputusan";
$result = mysqli_query($conn, $query);
$no = 1;
while ($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
    echo "<tr>
        <td>{$no}</td>
        <td>{$row['nama_alternatif']}</td>
        <td>{$row['kriteria1']}</td>
        <td>{$row['kriteria2']}</td>
        <td>{$row['kriteria3']}</td>
        <td class='aksi'>
            <a href='tabel_keputusan.php?hapus={$row['id']}' onclick='return
confirm(\"Yakin ingin menghapus?\")' class='btn-hapus'>Hapus</a>
        </td>
    </tr>";
    $no++;
}
?>
</table>

```

```

<!-- Tombol Normalisasi & Kembali -->

```

```

<div class="button-container">
<form action="hasil.php" method="POST">
<button type="submit" name="hitung" class="btn-hitung">Hitung AHP</button>
</form>
<a href="dashboard.php" class="btn-kembali">Kembali ke Dashboard</a>
</div>

```

```
<!-- Tambahkan Library Particles.js -->
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/particles.js/2.0.0/particles.min.js"></script>
<script>
  particlesJS("particles-js", {
    particles: {
      number: { value: 100, density: { enable: true, value_area: 800 } },
      color: { value: "#ffffff" },
      shape: { type: "circle" },
      opacity: { value: 0.5, random: true },
      size: { value: 3, random: true },
      move: { enable: true, speed: 2, direction: "none", random: false, out_mode: "out" }
    }
  });
</script>

</body>
</html>
```

Lampiran VII : Source Code hasil.php

```
<?php
session_start();
include "config.php";

// --- Ambil Data Prioritas ---
$query_prioritas = "SELECT simbol, prioritas FROM prioritas ORDER BY id ASC";
$result_prioritas = mysqli_query($conn, $query_prioritas);

$kriteria_nama = [];
$prioritas = [];
$default_kriteria = ['Suhu', 'Kelembapan', 'Rotasi'];

while ($row = mysqli_fetch_assoc($result_prioritas)) {
    $kriteria_nama[] = $row['simbol'];
    $prioritas[] = $row['prioritas'];
}

// Lengkapi data jika kurang
while (count($kriteria_nama) < 3) $kriteria_nama[] =
$default_kriteria[count($kriteria_nama)];
while (count($prioritas) < 3) $prioritas[] = 1;

// --- Matriks Perbandingan Berpasangan ---
$matriks = [
    [1, $prioritas[0]/$prioritas[1], $prioritas[0]/$prioritas[2]],
    [$prioritas[1]/$prioritas[0], 1, $prioritas[1]/$prioritas[2]],
    [$prioritas[2]/$prioritas[0], $prioritas[2]/$prioritas[1], 1]
];

// --- Normalisasi & Bobot Prioritas ---
$jumlah_kolom = array_fill(0, 3, 0);
for ($j = 0; $j < 3; $j++) {
    for ($i = 0; $i < 3; $i++) {
        $jumlah_kolom[$j] += $matriks[$i][$j];
    }
}

$matriks_normal = [];
$bobots = [];
for ($i = 0; $i < 3; $i++) {
    $jumlah_baris = 0;
    for ($j = 0; $j < 3; $j++) {
        $matriks_normal[$i][$j] = $matriks[$i][$j] / $jumlah_kolom[$j];
        $jumlah_baris += $matriks_normal[$i][$j];
    }
    $bobots[$i] = $jumlah_baris / 3;
}
```

```

// --- Lambda Max, CI, CR ---
$lambda_max = 0;
for ($i = 0; $i < 3; $i++) {
    $total = 0;
    for ($j = 0; $j < 3; $j++) {
        $total += $matriks[$i][$j] * $bobots[$j];
    }
    $lambda_max += $total / $bobots[$i];
}
$lambda_max /= 3;
$CI = ($lambda_max - 3) / 2;
$CR = $CI / 0.58;
$kesimpulan = ($CR <= 0.1) ? "Konsisten" : "Tidak Konsisten";

// --- Ambil Data Alternatif Keputusan ---
$query = "SELECT * FROM keputusan";
$result = mysqli_query($conn, $query);
if (mysqli_num_rows($result) == 0) die("<p>Tidak ada data keputusan.</p>");

$data = [];
$min = ['kriteria1' => PHP_INT_MAX, 'kriteria2' => PHP_INT_MAX, 'kriteria3' =>
PHP_INT_MAX];
$max = ['kriteria1' => PHP_INT_MIN, 'kriteria2' => PHP_INT_MIN, 'kriteria3' =>
PHP_INT_MIN];

while ($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
    $data[] = $row;
    foreach (['kriteria1', 'kriteria2', 'kriteria3'] as $k) {
        $min[$k] = min($min[$k], $row[$k]);
        $max[$k] = max($max[$k], $row[$k]);
    }
}

// --- Normalisasi dan Hitung Skor Akhir ---
$skor_akhir = [];
foreach ($data as $row) {
    $norm1 = ($row['kriteria1'] - $min['kriteria1']) / ($max['kriteria1'] - $min['kriteria1']);
    $norm2 = ($row['kriteria2'] - $min['kriteria2']) / ($max['kriteria2'] - $min['kriteria2']);
    $norm3 = ($row['kriteria3'] - $min['kriteria3']) / ($max['kriteria3'] - $min['kriteria3']);

    $skor = $norm1 * $bobots[0] + $norm2 * $bobots[1] + $norm3 * $bobots[2];
    $skor_akhir[$row['nama_alternatif']] = $skor;
}
arsort($skor_akhir);

// --- Simpan Hasil ke Database hasil_AHP (alternatif & nilai saja) ---
// Kosongkan isi tabel hasil_AHP agar tidak menumpuk

```

```
mysql_query($conn, "DELETE FROM hasil_AHP");
mysql_query($conn, "ALTER TABLE hasil_AHP AUTO_INCREMENT = 1"); // Reset ID
ke 1
```

```
foreach ($skor_akhir as $salt => $skor) {
    $salt_clean = mysqli_real_escape_string($conn, $salt);
    $skor_clean = round($skor, 4);
    $insert = "INSERT INTO hasil_AHP (alternatif, nilai) VALUES ('$salt_clean',
'$skor_clean')";
    mysql_query($conn, $insert);
}
```

```
?>
```

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Perhitungan AHP</title>
    <link rel="stylesheet" href="../assets/style.css">
    <style>
        body { font-family: Arial, sans-serif; background: #f7f7f7; margin: 0; padding: 20px; }
        table { border-collapse: collapse; width: 95%; margin: 20px auto; }
        th, td { border: 1px solid #ddd; padding: 10px; text-align: center; }
        th { background: #4CAF50; color: white; }
        h2, h3 { text-align: center; margin-top: 30px; }
        .kesimpulan { text-align: center; margin: 20px; font-weight: bold; }
    </style>
</head>
<body>
```

```
<h2>Perhitungan AHP</h2>
```

```
<h3>Matriks Perbandingan Berpasangan</h3>
```

```
<table>
<tr><th></th><th><?= $kriteria_nama[0] ?></th><th><?= $kriteria_nama[1]
?></th><th><?= $kriteria_nama[2] ?></th></tr>
<?php for ($i = 0; $i < 3; $i++): ?>
<tr>
    <th><?= $kriteria_nama[$i] ?></th>
    <?php for ($j = 0; $j < 3; $j++): ?>
        <td><?= round($matriks[$i][$j], 3) ?></td>
    <?php endfor; ?>
</tr>
<?php endfor; ?>
<tr>
    <th>Jumlah</th>
    <?php for ($j = 0; $j < 3; $j++): ?>
```

```

        <td><?= round($jumlah_kolom[$j], 3) ?></td>
    <?php endfor; ?>
</tr>
</table>

```

<h3>Normalisasi Matriks dan Bobot Prioritas</h3>

```

<table>
<tr><th></th><th><?= $kriteria_nama[0] ?></th><th><?= $kriteria_nama[1]
?></th><th><?= $kriteria_nama[2] ?></th><th>Bobot</th></tr>
<?php for ($i = 0; $i < 3; $i++): ?>
<tr>
    <th><?= $kriteria_nama[$i] ?></th>
    <?php for ($j = 0; $j < 3; $j++): ?>
        <td><?= round($matriks_normal[$i][$j], 3) ?></td>
    <?php endfor; ?>
    <td><?= round($bobots[$i], 4) ?></td>
</tr>
<?php endfor; ?>
</table>

```

<h3>Perkalian Matriks × Bobot</h3>

```

<table>
<tr>
    <th>Kriteria</th>
    <th>Hasil Perkalian</th>
    <th> $\lambda$  (hasil / bobot)</th>
    <th>Hasil Pembagian Bobot</th>
</tr>
<?php
for ($i = 0; $i < 3; $i++) {
    $perkalian = 0;
    for ($j = 0; $j < 3; $j++) {
        $perkalian += $matriks[$i][$j] * $bobots[$j];
    }
    $lambda = $perkalian / $bobots[$i];
    echo "<tr>";
    echo "<td>{$kriteria_nama[$i]}</td>";
    echo "<td>" . round($perkalian, 4) . "</td>";
    echo "<td>" . round($lambda, 4) . "</td>";
    echo "<td>" . round($bobots[$i], 4) . "</td>";
    echo "</tr>";
}
?>
</table>

```

<h3>Ranking Alternatif</h3>

```

<table>
<tr><th>Peringkat</th><th>Alternatif</th><th>Skor</th></tr>

```

```

<?php
$rank = 1;
foreach ($skor_akhir as $salt => $skor):
?>
<tr>
    <td><?= $rank++ ?></td>
    <td><?= $salt ?></td>
    <td><?= round($skor, 4) ?></td>
</tr>
<?php endforeach; ?>
</table>

<h3>Hasil Akhir AHP untuk Alternatif</h3>
<table>
<tr><th>Alternatif</th><th>Skor</th></tr>
<?php foreach ($skor_akhir as $salt => $skor): ?>
<tr><td><?= $salt ?></td><td><?= round($skor, 4) ?></td></tr>
<?php endforeach; ?>
</table>

<div class="kesimpulan">
    <p><strong> $\lambda$  Max:</strong> <?= round($lambda_max, 4) ?></p>
    <p><strong>CI:</strong> <?= round($CI, 4) ?> | <strong>CR:</strong> <?= round($CR,
4) ?></p>
    <p><strong>Kesimpulan:</strong> <?= $kesimpulan ?></p>
    <p><strong>Alternatif terbaik:</strong> <?= array_key_first($skor_akhir) ?></p>
</div>

<div style="text-align: center; margin-top: 30px;">
    <a href="dashboard.php" style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 10px
20px; text-decoration: none; border-radius: 5px;">
        Kembali ke Dashboard
    </a>
</div>

</body>
</html>

```