

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut ini adalah rangkuman terkait penelitian terdahulu yang membahas mengenai rancang bangun sistem aquascape dan penggunaan metode *Simple Moving Average* (SMA):

Tabel 2.1 Studi Literatur *Simple Moving Average* (SMA) dan Perancangan Sistem

Sitasi	Metode	Hasil
[4]	Eksperimen & Analisis	Sensor suhu akurat (MAPE 1,02%). Pakan otomatis (0,5 gram dalam 2m 52d). Otomatisasi suhu (25–28°C) dan pencahayaan (jadwal waktu).
[5]	Simple Moving Average (SMA) dengan variasi window size ( $n = 3-40$ )	SMA efektif mengurangi fluktuasi dan meningkatkan stabilitas data sensor, namun window besar memperlambat respon sistem.
[6]	Simple Moving Average (SMA)	Data hasil monitoring menjadi lebih stabil dan mudah dianalisis dibandingkan data mentah.
[1]	Metode eksperimen dan perancangan sistem IoT	Sistem berhasil memonitor dan mengontrol kualitas air secara otomatis dan real-time sehingga kondisi air tetap stabil untuk ikan mas koki.
[7]	Studi literatur, perancangan sistem, dan pengujian	Sistem mampu mendeteksi kekeruhan air serta melakukan penggantian air dan pemberian pupuk secara otomatis.

Berdasarkan hasil rangkuman studi literatur pada Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Simple Moving Average* (SMA) menunjukkan keunggulan dalam meningkatkan kestabilan dan keterbacaan data sensor dibandingkan metode lain yang bersifat reaktif, sehingga lebih sesuai untuk diterapkan pada sistem monitoring aquascape.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Internet of Things (IoT)

*Internet of Things (IoT)* adalah teknologi yang merupakan revolusi komputasi dan komunikasi. Hal ini mencerminkan masa depan, dan pertumbuhannya dari sensor nirkabel hingga nanoteknologi dan banyak lagi, bergantung pada inovasi teknologi yang dinamis di bidang-bidang penting[8]. Dalam konteks sistem monitoring aquascape, IoT memungkinkan sensor dan aktuator terhubung ke platform cloud untuk penyimpanan dan visualisasi data secara real-time. Arsitektur IoT umumnya terdiri dari tiga lapisan utama: lapisan persepsi (sensor dan aktuator), lapisan jaringan (komunikasi data), dan lapisan aplikasi (pemrosesan dan visualisasi data). Implementasi IoT dalam sistem aquascape memberikan kemampuan pemantauan jarak jauh, pengambilan keputusan otomatis, dan aksesibilitas data yang lebih baik dibandingkan sistem konvensional.

### 2.2.2 Simple Moving Average (SMA)

*Simple Moving Average (SMA)* adalah metode statistik yang digunakan untuk menghaluskan data time series dengan menghitung rata-rata dari sejumlah titik data terakhir dalam jendela waktu tertentu[5]. Metode ini efektif dalam mereduksi noise atau fluktuasi acak pada pembacaan sensor, sehingga menghasilkan data yang lebih stabil dan representatif terhadap kondisi sebenarnya. SMA bekerja dengan menggeser jendela data secara bertahap, menghitung rata-rata nilai dalam jendela tersebut, dan menghasilkan nilai yang lebih halus dibandingkan data mentah.

Rumus Simple Moving Average (SMA) dinyatakan sebagai berikut:

$$SMA = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_{10}}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$X$  = data sensor suhu/kekeruhan

$n$  = jumlah sampel atau data yang diambil (10 sampel terakhir)

Contoh perhitungan:

10 Data baru: [25.2, 25.4, 25.6, 25.8, 26.0, 26.2, 26.4, 26.6, 26.8, 27.0]

$SMA = (25.2 + 25.4 + \dots + 27.0) / 10 = 261 / 10 = 26.1 \text{ } ^\circ\text{C}$

Pemilihan ukuran jendela (window size) sangat memengaruhi kinerja SMA. Jendela yang terlalu kecil ( $n < 5$ ) menghasilkan data yang masih fluktuatif, sedangkan jendela yang terlalu besar ( $n > 20$ ) memperlambat respons sistem terhadap perubahan kondisi riil. Berdasarkan penelitian sebelumnya, ukuran jendela  $n = 10$  dipilih sebagai keseimbangan antara stabilitas data dan responsivitas sistem [5].

### 2.2.3 Rule-Based Decision

Rule-Based Decision merupakan pendekatan pengambilan keputusan yang menggunakan serangkaian aturan logika IF-THEN untuk menentukan tindakan sistem berdasarkan kondisi input tertentu [9]. Dalam konteks sistem aquascape, rule-based decision digunakan untuk mengendalikan aktuator berdasarkan hasil pengolahan data sensor. Pendekatan ini memiliki keunggulan dalam hal transparansi logika dan kemudahan implementasi pada sistem embedded dengan sumber daya terbatas.

Menurut Cristina Ciurea 2024, sistem berbasis aturan telah banyak diterapkan dalam sistem pengambilan keputusan dan kontrol otomatis karena kemampuannya meniru logika pengambilan keputusan manusia dengan cara yang terstruktur dan dapat diaudit. Aturan-aturan ini biasanya dikelompokkan berdasarkan fungsi dan memiliki tingkat prioritas sistem.

Beberapa aturan yang diterapkan pada sistem aquascape adalah sebagai berikut:

1. Rule 1: Sistem heater ON hanya jika suhu masih di bawah  $<25^{\circ}\text{C}$  dan belum mulai naik.
2. Rule 2: Heater OFF jika suhu sudah cukup ( $> 25^{\circ}\text{C}$ ) dan naik melebihi  $28^{\circ}\text{C}$ .
3. Rule 3: Jika air keruh ( $> 6 \text{ NTU}$ ) dan terus menunjukkan peningkatan, sistem akan mengganti air selama 3 menit.

#### 2.2.4 Weighted Decision Making (WDM)

Weighted Decision Making (WDM) adalah metode pengambilan keputusan yang mempertimbangkan tingkat kepentingan relatif dari setiap parameter melalui pemberian bobot [10]. Dalam sistem aquascape, WDM digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian aktuator ketika beberapa parameter memerlukan tindakan secara bersamaan. Metode ini menggunakan pendekatan Weighted Sum Model (WSM), di mana setiap parameter dinormalisasi dan dikalikan dengan bobot masing-masing sebelum dijumlahkan untuk menghasilkan skor keputusan.

Penetapan nilai bobot pada WDM didasarkan pada kajian ilmiah mengenai tingkat pengaruh langsung masing-masing parameter terhadap keseimbangan biologis ekosistem aquascape. Septiani et al. (2022) menegaskan bahwa suhu air merupakan parameter paling kritis dalam ekosistem perairan karena secara langsung dan segera memengaruhi laju metabolisme, konsumsi oksigen terlarut, serta sistem kekebalan tubuh ikan hias tropis; perubahan suhu sebesar  $2-3^{\circ}\text{C}$  dari rentang optimal dapat menyebabkan stres fisiologis akut hingga kematian dalam waktu singkat. Berdasarkan tingkat kekritisannya tersebut, parameter suhu ditetapkan dengan bobot  $w_1 = 0,6$  (60%) sebagai prioritas utama pengendalian. Sementara itu, kekeruhan air memengaruhi penetrasi cahaya dan proses fotosintesis tanaman aquascape, namun dampaknya terhadap kelangsungan hidup ikan bersifat tidak langsung dan lebih gradual, sehingga ditetapkan dengan bobot  $w_2 = 0,4$  (40%). Pembagian bobot ini selaras dengan prinsip yang dikemukakan Affandi dan Ginting (2024), yaitu dalam metode berbasis pembobotan, parameter yang memiliki dampak lebih langsung dan kritis terhadap tujuan sistem harus diberikan bobot yang lebih besar secara proporsional agar keputusan sistem mencerminkan urgensi yang sesungguhnya [10]

Rumus Weighted Sum Model (WSM) dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = (w_1 \cdot R_{\text{suhu}}) + (w_2 \cdot R_{\text{keruh}}) \quad (2.2)$$

Keterangan:

$A_i$  = Nilai Akhir (Skor Urgensi). Jika melewati ambang batas tertentu, aktuator menyala.

$w_1$  dan  $w_2$  = Bobot kepentingan (contoh: jika suhu lebih kritikal bagi ikan, beri bobot  $w_1$  lebih besar). Total  $w_1 + w_2 = 1$ .

$R_{\text{suhu}}$  = Nilai normalisasi parameter suhu.

$R_{\text{keruh}}$  = Nilai normalisasi parameter kekeruhan (NTU).

### 2.2.5 Normalisasi Parameter

Karena satuan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kekeruhan (NTU) berbeda, maka keduanya harus dinormalisasi menjadi skala 0-1 menggunakan fungsi selisih dari nilai ideal.

Suhu ideal (25-28 $^{\circ}\text{C}$ ):

$$R_{\text{suhu}} = (\text{Suhu\_Aktual} - \text{Suhu\_Ideal}) / \text{Suhu\_Maksimum}$$

Kekeruhan ideal ( $\leq 6$  NTU):

$$R_{\text{keruh}} = (\text{NTU\_Aktual} - 6) / \text{NTU\_Maksimum}$$

(Hanya dihitung jika nilai NTU  $> 6$ )

Contoh Perhitungan:

Menetapkan bobot:

- Suhu ( $w_1$ ) = 0,6 (60%)
- Kekeruhan ( $w_2$ ) = 0,4 (40%)

Kondisi air:

- Suhu terdeteksi 20 $^{\circ}\text{C}$  (dingin, butuh aktuator pemanas)
- Kekeruhan terdeteksi 10 NTU (air keruh, butuh aktuator pengganti air)

Asumsi nilai normalisasi setelah dihitung terhadap batas ekstrim:

- R<sub>suhu</sub> dapat 0,8 (skala penyimpangan tinggi)
- R<sub>keruh</sub> dapat 0,4 (skala penyimpangan sedang)

Perhitungan WSM:

$$A_i = 0,6 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 0,4 = 0,48 + 0,16 = 0,64$$

Keputusan Sistem: Jika menetapkan batas threshold 0,5 untuk aktivasi, maka nilai 0,64 akan memerintahkan sistem mikrokontroler untuk menyalakan pemanas dan pompa pengganti air otomatis secara bergantian sesuai urutan prioritas.

### 2.3 Alat dan Bahan

Beberapa alat serta bahan yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini, diantaranya yaitu:

#### 2.3.1 Hardware

Penelitian ini menggunakan beberapa hardware yang mendukung perancangan dan pengembangan sistem. Daftar hardware yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Alat dan Bahan *Hardware*

No	Nama Alat	Spesifikasi	Keterangan
1	Laptop	ROG Strix G531GT	Pemrograman, monitoring, dan pengujian sistem
2	Mikrokontroler	ESP32 Dev Module	Pusat pemrosesan data sensor dan komunikasi internet
3	Sensor Suhu	DS18B20 Waterproof	Mengukur suhu air aquascape
4	Sensor Kekeruhan	SEN0189	Mengukur tingkat kekeruhan air
5	Modul RTC	DS3231	Acuan waktu penjadwalan lampu dan pakan otomatis
6	Modul Relay	4 Channel Relay 5V	Mengendalikan heater, lampu, dan pompa

7	Pemanas Air	Heater Aquarium 25–50 Watt	Menjaga kestabilan suhu air
8	Lampu Aquascape	LED Aquarium	Pencahayaan tanaman aquascape
9	Motor Servo	SG90 / MG90	Penggerak mekanisme pakan otomatis
10	Pompa Air Mini	DC 12V	Pengisian atau penggantian air otomatis
11	Selang Air	Selang Aquarium	Media aliran air
12	Adaptor DC	12V 5A	Sumber daya utama sistem
13	Modul Step-Down	LM2596	Menurunkan 12V menjadi 5V untuk ESP32 & modul
14	Breadboard	Ukuran standar	Papan perakitan rangkaian
15	Kabel Jumper	Male–Male, Male–Female	Penghubung antar komponen
16	Akuarium Aquascape	±15–25 Liter	Media uji coba sistem

### 2.3.2 Software

Penelitian ini menggunakan beberapa software yang mendukung perancangan dan pengembangan sistem. Daftar software yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Alat dan Bahan *Software*

No	Nama Alat	Spesifikasi	Keterangan
1	Arduino IDE	Versi 2.3.6	Pemrograman ESP32
2	Visual Studio Code	Versi 1.108.0	Pengembangan web monitoring
3	Firestore Realtime Database	Database	Penyimpanan data sensor
4	Web Browser	Chrome	Akses antarmuka sistem