

Implementasi Rough Set Theory pada Sistem Kontrol Air Aquascape Berbasis IoT

Raihan Fawwaz Andien^{1*}, Mohammad Idhom², Henni Endah Wahanani³

^{1,3} Informatika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

3henniendah.if@upnjatim.ac.id

² Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

2idhom@upnjatim.ac.id

*Corresponding author email: 21081010008@student.upnjatim.ac.id

Abstrak— Pada era digital yang semakin maju, pemantauan dan pengendalian kualitas lingkungan menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan ekosistem buatan seperti aquascape. Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol air aquascape berbasis Internet of Things (IoT) dengan penerapan Rough Set Theory (RST) untuk meningkatkan ketepatan, efisiensi, serta keandalan dalam pengambilan keputusan otomatis. Sistem ini memungkinkan pengguna memantau nilai pH dan suhu secara real-time melalui platform Blynk, sekaligus mengatur kestabilan air menggunakan aktuator otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Antarmuka yang dirancang secara intuitif memudahkan pengguna dalam menganalisis kondisi air, memantau perubahan pH dan suhu, serta mempertahankan lingkungan ideal bagi ekosistem aquascape. Penerapan metode RST membantu menyederhanakan atribut data, menentukan batas ketidakpastian, serta membentuk aturan keputusan yang lebih presisi, adaptif, dan efisien. Selain itu, sistem ini dirancang agar dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung parameter lingkungan lain. Secara keseluruhan, sistem ini menjadi solusi terintegrasi yang mendukung pengelolaan aquascape secara otomatis, efektif, cerdas, serta berkelanjutan untuk menjaga kestabilan dan kualitas ekosistem air secara menyeluruh, berkesinambungan, inovatif, dan ramah lingkungan.

Kata Kunci— Rough Set Theory, Internet of Things, Aquascape, Sistem Kontrol, Blynk, ESP32, Otomatisasi

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa pengaruh signifikan dalam sektor pertanian modern, khususnya dalam pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan tanaman secara otomatis[1]. Dengan mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan algoritma cerdas, berbagai parameter lingkungan seperti cahaya, suhu, dan kualitas air dapat dipantau serta dikendalikan secara real-time guna mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal[2].

Aquascape adalah ekosistem perairan buatan dalam akuarium yang dirancang tidak hanya untuk menghadirkan keindahan estetika, tetapi juga untuk mempertahankan keseimbangan biologis di dalamnya [3]. Ekosistem ini biasanya terdiri dari tumbuhan air, batu, kayu, serta organisme akuatik yang tersusun secara harmonis guna menciptakan lingkungan yang menyerupai habitat alami. Secara ekologis, aquascape

mengandalkan keseimbangan antara cahaya, nutrisi, dan kadar oksigen agar seluruh komponen biotik di dalamnya dapat berkembang dengan baik dan tetap stabil[4]. Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode Rough Set Theory (RST) pada sistem kontrol kualitas air aquascape berbasis IoT. Metode RST dimanfaatkan untuk menangani ketidakpastian serta mengurangi redundansi data sensor, sehingga mampu menghasilkan keputusan kontrol yang lebih tepat dan adaptif. Sistem yang dikembangkan difokuskan pada pengaturan parameter pH dan suhu air guna mempertahankan kondisi lingkungan perairan yang ideal bagi ekosistem aquascape. Diharapkan, penerapan metode ini dapat berkontribusi dalam pengelolaan dan pemeliharaan ekosistem aquascape secara efisien, modern, dan berkelanjutan.

II. KAJIAN TEORI

A. Aquascape

Aquascape adalah seni menata ekosistem perairan di dalam akuarium dengan menitikberatkan pada aspek estetika dan keseimbangan ekosistem air, khususnya pada pertumbuhan tumbuhan air [3]. Sebagai sistem tertutup, pemeliharaan aquascape di dalam ruangan memerlukan pengaturan faktor lingkungan yang cermat agar kondisi yang tercipta tetap mendukung keberlanjutan serta keindahan ekosistem di dalamnya[4].

B. Rough Set Theory

Rough Set Theory (RST) merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan tingkat kepastian atau kemungkinan suatu elemen dalam proses analisis data yang mengandung ketidakpastian serta ketidaklengkapan informasi [5]. Dengan pendekatan ini, RST memungkinkan dilakukannya klasifikasi, pengenalan pola, dan pengambilan keputusan secara lebih objektif tanpa memerlukan informasi tambahan di luar data yang tersedia[6].

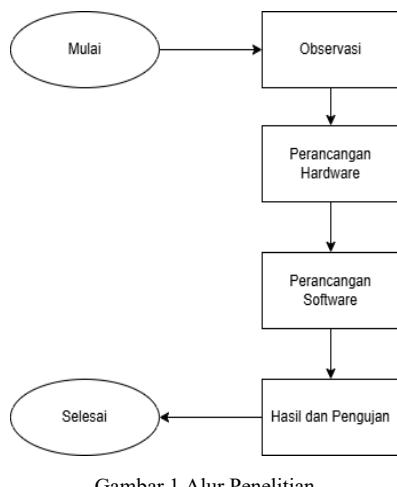
C. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah integrasi dari berbagai sistem cerdas yang saling terhubung melalui perangkat embedded system. Teknologi ini terdiri atas tiga komponen utama, yaitu perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), dan

layanan cloud yang bekerja secara terpadu untuk membangun koneksi dan otomatisasi[7]. Teknologi ini memungkinkan proses pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh dengan memanfaatkan sensor, aktuator, serta jaringan nirkabel[7].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran umum metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada flowchart di bawah ini, yang menjelaskan tahapan-tahapan penelitian mulai dari proses observasi, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, hingga diperolehnya hasil akhir. Setiap tahapan saling berhubungan dan tersusun secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian secara terarah dan efisien.



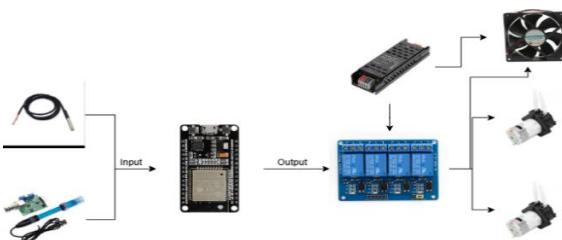
Gambar 1 Alur Penelitian

A. Observasi

Tahapan ini mencakup proses pengamatan dan pengumpulan informasi yang dilakukan melalui studi literatur. Studi literatur tersebut diperoleh dari berbagai sumber tepercaya, seperti artikel ilmiah, repositori penelitian, serta buku-buku yang relevan dengan topik penelitian.

B. Perancangan Hardware

Tahapan perancangan hardware menjelaskan desain dan penyambungan antarperangkat yang digunakan dalam sistem, meliputi sensor, aktuator, serta berbagai komponen pendukung lainnya. Rancangan keseluruhan dari tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Perancangan Hardware

Dalam implementasinya, dibutuhkan kerangka kerja yang terstruktur dan terperinci untuk mempermudah proses penyambungan antarperangkat. Kerangka kerja ini berfungsi

sebagai pedoman dalam menetapkan hubungan antar komponen sistem, seperti sensor, aktuator, dan modul pendukung lainnya. Adapun rincian kerangka kerja tersebut dijelaskan sebagai berikut.

• pH Sensor Kit -> ESP32

Modul pH Sensor	ESP32
VCC modul pH	→ VIN ESP32
GND modul pH	→ GND ESP32
AO modul pH	→ GPIO 34

• Sensor suhu DS18B20

Modul pH Sensor	ESP32
VCC	→ VIN ESP32
GND	→ GND ESP32
Data	→ GPIO 4

• Relay -> ESP32

Relay	ESP32
VCC modul Sensor	→ VIN ESP32
GND modul Sensor	→ GND ESP32
Ch1	→ GPIO 19
Ch2	→ GPIO 22
Ch3	→ GPIO 21

• Pompa Peristaltik -> Relay -> ESP32

Pompa Peristaltik	Relay Ch1 & Ch2	ESP32
(+)	→ NC	
(-)	→	→ Ground
	Com	→ 5v

• DC Fan -> PSU -> Relay

Pompa Peristaltik	Relay Ch1 & Ch2	Power Supply
(+)	→ NC	
(-)	→	→ -
	Com	→ +

C. Perancangan Software

Tahapan perancangan software merupakan proses pengembangan logika dan program yang digunakan untuk mengontrol sistem secara otomatis berdasarkan parameter pH dan suhu yang terdeteksi. Pada tahap ini dilakukan pembuatan algoritma pengendalian menggunakan metode Rough Set Theory, konfigurasi komunikasi antara ESP32 dan platform Blynk, serta perancangan program untuk membaca data sensor, dan mengaktifkan aktuator sesuai kebutuhan. Selain itu, sistem juga dirancang agar mampu menampilkan informasi parameter secara real-time melalui website.

Tabel IV menjelaskan alur kerja sistem dalam proses pengendalian parameter aquascape menggunakan Rough Set Theory (RST), mulai dari pembacaan sensor pH, pemrosesan data oleh mikrokontroler, hingga pengambilan keputusan untuk mengaktifkan aktuator berdasarkan aturan yang diturunkan dari RST. Dengan rancangan perangkat lunak tersebut, sistem mampu menjaga pH dan suhu air tetap stabil secara otomatis

sesuai rentang yang telah ditentukan. Perancangan ini juga memastikan bahwa proses monitoring dan kontrol berjalan secara real-time serta responsif, sehingga mendukung tercapainya kondisi optimal bagi ekosistem aquascape.

Tabel I Tabel Perancangan Software

No	Proses	Respon
	Konfigurasi Wifi	Sukses : ESP32 Terhubung ke wifi Gagal : Reconnect
	Konfigurasi Blynk	Sukses : Terhubung ke Blynk Gagal: Reconnect
	Pembacaan Sensor	Sukses : Sensor mengirim data ke ESP32 dan dikirim ke Blynk Gagal : Baca ulang sensor
	Hitung Lower & Upper Approximation	Sistem menghitung apakah nilai parameter berada dalam lower atau upper approximation dari dataset pH 6.5 -8.0 dan suhu 24-28
	Bentuk Reduct & Aturan Keputusan	Sistem menentukan aturan kuat (reduct) dari dataset pH: - IF $pH < 6.5 \rightarrow$ Asam - IF $6.5 \leq pH \leq 8.0 \rightarrow$ Optimal - IF $pH > 8.0 \rightarrow$ Basa Suhu: - IF suhu $< 24^{\circ}\text{C}$ THEN Heater = ON - IF $24^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 28^{\circ}\text{C}$ THEN Heater = OFF - IF suhu $> 28^{\circ}\text{C}$ THEN Fan = ON
	Eksekusi Kontrol Aktuator	Berdasarkan keputusan RST, sistem menyalakan/memati aktuator pompa peristaltik dan DC fan.

D. Pengujian

Pengujian kinerja sistem kontrol air berbasis Rough Set Theory (RST) pada lingkungan aquascape dilakukan dengan mengamati respons sistem terhadap perubahan pH dan suhu air. Pengujian mencakup verifikasi bahwa aktuator, seperti pompa dosis, bekerja sesuai aturan keputusan yang dihasilkan oleh

RST, serta memastikan pH dan suhu air tetap berada dalam rentang optimal. Selain itu, dilakukan analisis terhadap data hasil pengujian untuk mengevaluasi efektivitas RST dalam menjaga kestabilan pH dan suhu, serta menilai keandalan sistem dalam operasional nyata. Hasil analisis ini menjadi dasar penarikan kesimpulan mengenai kemampuan sistem dalam mendukung kondisi ekosistem aquascape yang stabil dan sehat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

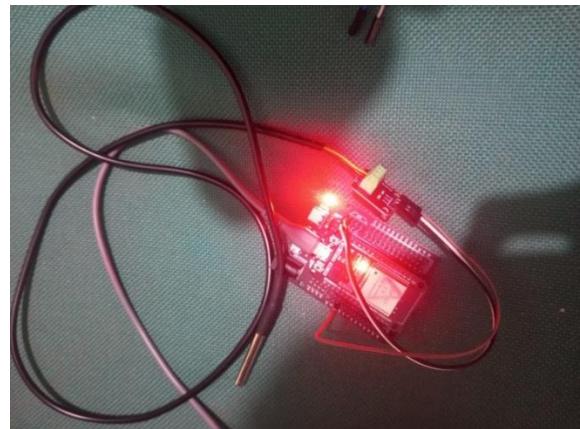
Bagian ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem kontrol kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode Rough Set Theory (RST) pada lingkungan aquascape. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjaga kestabilan pH dan suhu sesuai rentang yang telah ditentukan, serta menganalisis respons aktuator terhadap perubahan kondisi air secara real-time. Selain itu, hasil monitoring melalui platform Blynk juga ditampilkan sebagai bukti keandalan pemantauan sistem. Pembahasan pada bab ini mencakup analisis kinerja sistem, interpretasi data, serta kesesuaian hasil yang diperoleh dengan tujuan penelitian.

A. Perancangan Hardware

- Perancangan Sensor pH Kit

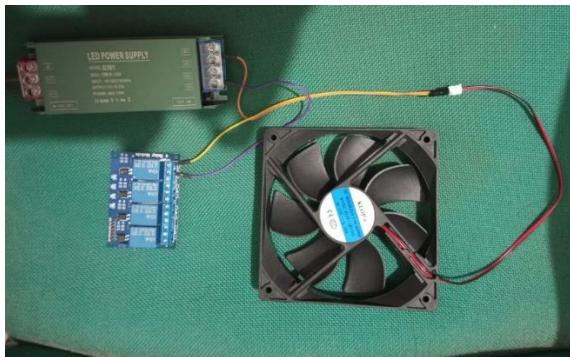


Gambar 3 Perancangan Sensor pH kit



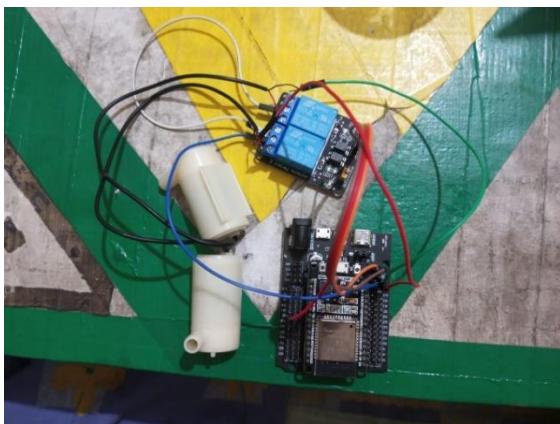
Gambar 4 Perancangan DS18B20

- Perancangan Sensor Suhu DS18B20
Berdasarkan rancangan sebelumnya perangkaian sensor DS18B20 dapat dilihat dari gambar 4 dibawah.
- Perancangan DC Fan
Berdasarkan rancangan sebelumnya perangkaian dc fan dapat dilihat pada gambar 5 dibawah



Gambar 5 Perancangan DC Fan

- Perancangan Pompa Peristaltik
Berdasarkan rancangan sebelumnya perangkaian pompa peritaktik dan ESP32, pompa dibedakan menjadi 2 yaitu dosing up dan dosing down. Rangkaian dapat dilihat dari gambar 6 dibawah.



Gambar 6 Perancangan Pompa Peristaltik

- Perancangan keseluruan
Berdasarkan rancangan yang telah dibuat, dihasilkanlah sebuah prototipe keseluruhan. Hal tersebut secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7 dibawah.
Perancangan ini menghubungkan sensor pH kit, Relay serta pompa dosing pada ESP32 untuk membaca tingkat keasaman serta mengontrol actuator pompa dosing.



Gambar 7 Perancangan Keseluruhan

B. Perancangan Software

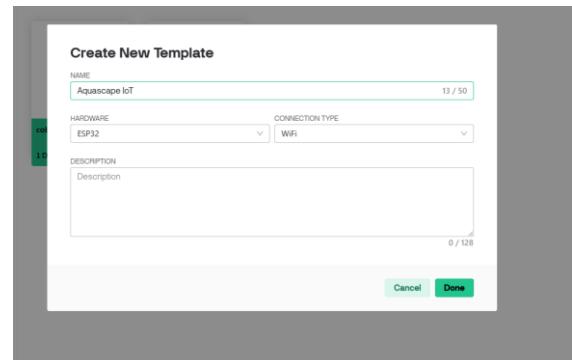
Berdasarkan rancangan yang telah dibuat, dihasilkan sebuah prototipe perangkat lunak sistem pengendalian pH dan suhu air aquascape berbasis IoT menggunakan metode Rough Set Theory (RST).

1. Konfigurasi Blynk

Konfigurasi blynk yang dirancang meliputi pembuatan, template, datastream serta tampilan dashboard.

- Set up Template

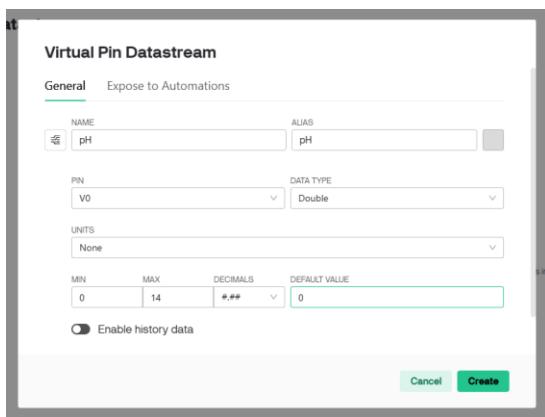
Pembuatan template pada Blynk digunakan sebagai kerangka dasar untuk proyek IoT (Internet of Things) yang dibuat. Template berisi identitas unik yang menghubungkan perangkat IoT (misalnya NodeMCU, ESP32, Arduino, dll) dengan akun Blynk kamu. Set up template dapat dilihat pada gambar 8 dibawah.



Gambar 8 Set Up Template

- Set up Datastream

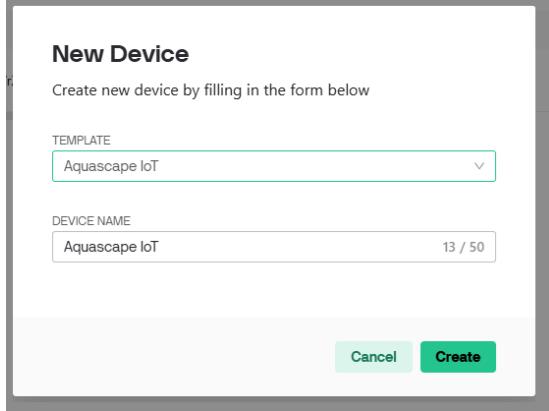
Fungsi Datastream pada Blynk adalah mengatur aliran data antara perangkat IoT dan aplikasi, sehingga data sensor dapat dikirim dan perintah kontrol dapat diterima secara real-time. Setiap datastream terhubung dengan Virtual Pin (misalnya V0, V1) yang berfungsi sebagai alamat data dalam program, menjadikannya komunikasi antara perangkat dan dashboard Blynk lebih terstruktur dan efisien. Set Up data stream dapat dilihat pada gambar 7 dibawah.



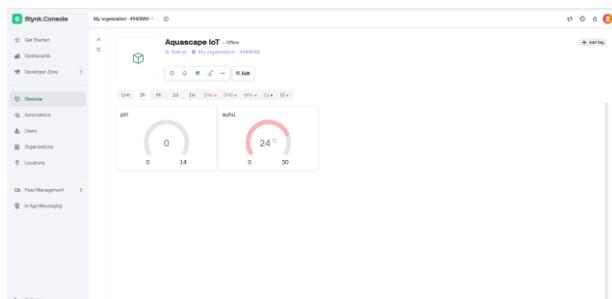
Gambar 9 Set Up Datastream

- *Pembuatan Device dan Dashboard.*

Fungsi pembuatan Device dan Dashboard pada Blynk adalah untuk menghubungkan, menampilkan, dan mengontrol perangkat IoT secara interaktif. Device berfungsi sebagai representasi fisik dari perangkat IoT (seperti NodeMCU atau ESP32) yang dikaitkan dengan template dan datastream agar dapat mengirim serta menerima data. Sementara itu, Dashboard digunakan untuk menampilkan data sensor dan mengontrol aktuator melalui berbagai widget seperti tombol, grafik, dan indikator. Dengan adanya device dan dashboard, pengguna dapat memantau kondisi sistem dan melakukan kontrol secara real-time melalui aplikasi Blynk. Pembuatan device dan dashboard dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 10 Pembuatan Device



Gambar 11 Pembuatan Dashboard

Setelah dilakukan rangkaian set up pada platform blynk maka diperlukan konfigurasi pada kode agar bisa terkoneksi dengan platform. Tahapan ini diperlukan authorisasi seperti token, nama template, dan template id. Kode konfigurasi dapat dilihat pada source code dibawah.

Source Code

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID
"TMPL6WD63RFqp"

#define BLYNK_TEMPLATE_NAME
"Aquascape IoT"

#define BLYNK_AUTH_TOKEN
"BKUc2LC2pkVrZ3KU0DevU2o51W01QnTz"
```

2. *Konfigurasi WiFi*

Fungsi konfigurasi WiFi adalah untuk menghubungkan perangkat IoT ke jaringan internet sehingga perangkat dapat bertukar data secara nirkabel. Tanpa konfigurasi WiFi, perangkat tidak dapat terhubung ke jaringan dan proses komunikasi data tidak dapat berlangsung. Konfigurasi dapat dilihat pada source code dibawah ini.

Source Code

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
char ssid[] = "Coffee_Ground";
char pass[] = "GreaterEver";
```

3. *Implementasi RST*

Fungsi implementasi RST (Rough Set Theory) adalah untuk menganalisis dan mengklasifikasikan data secara objektif dengan menyederhanakan atribut yang tidak relevan, sehingga diperoleh pola atau aturan keputusan yang lebih akurat dan efisien. Tahapan penggunaan implementasi RST:

- Pembuatan dan perhitungan Approximant Upper dan Lower

Fungsi pembuatan dan perhitungan approximation pada RST (Rough Set Theory) digunakan untuk menentukan batas ketidakpastian dalam klasifikasi data dengan membentuk dua himpunan utama, yaitu lower approximation dan upper approximation. Pembuatan dan perhitungan approximant untuk parameter pH dapat dilihat pada source code dibawah.

Source Code

```
float lowerApprox[10];
float upperApprox[10];
```

```

float reduct[10];

void
calculateApproximation(float
data[], int n, float threshold)
{for (int i = 0; i < n; i++) {

    // Lower approximation:
    data yang pasti memenuhi
    kondisi
    if (data[i] >=
threshold) {
        lowerApprox[i] =
data[i];
    }

    // Upper approximation:
    data yang mungkin
    memenuhi kondisi
    if (data[i] >=
threshold - 0.5 &&
data[i] <= threshold +
0.5) {
        upperApprox[i] =
data[i];
    }
}
}

```

```

mungkin masih dalam
kondisi optimal
if (suhu[i] >=
lowerBound - 0.5 &&
suhu[i] <= upperBound +
0.5) {
    upperApprox[i] =
suhu[i];
}
// Reduct: keputusan
sederhana berdasarkan suhu
// 0 = Heater ON, 1 =
Stabil, 2 = Fan ON
if (suhu[i] <
lowerBound) {
    reduct[i] = 0; // suhu terlalu dingin
}
else if (suhu[i] >
upperBound) {
    reduct[i] = 2; // suhu terlalu panas
}
else {
    reduct[i] = 1; // suhu optimal
}
}
}

```

Sedangkan pembuatan approximant untuk suhu dapat dilihat pada source code dibawah.

Source Code	
	<pre> float lowerApprox[10]; float upperApprox[10]; float reduct[10]; void calculateApproximation(float suhu[], int n, float lowerBound, float upperBound) { for (int i = 0; i < n; i++) { // Lower approximation: suhu yang pasti dalam kondisi optimal if (suhu[i] >= lowerBound && suhu[i] <= upperBound) { lowerApprox[i] = suhu[i]; } // Upper approximation: suhu yang </pre>

- *Pembuatan Reduct*

Fungsi pembuatan reduct pada RST (Rough Set Theory) adalah untuk menyederhanakan atribut data dengan cara menghapus atribut yang tidak relevan tanpa mengubah hasil klasifikasi atau keputusan akhir. Reduct berisi atribut signifikan yang paling berpengaruh terhadap hasil analisis atau pengambilan keputusan. Dengan demikian, sistem menjadi lebih efisien karena hanya memproses data yang penting. Pembuatan reduct dapat dilihat pada source code dibawah

Source Code	
	<pre> void calculateReductpH(float attributes[][], int numAttr, int numData) { for (int i = 0; i < numAttr; i++) { float significance = 0; for (int j = 0; j < numData; j++) { significance += attributes[i][j]; } } } </pre>

```

        contoh perhitungan
        pengaruh atribut
    }
    reduct[i] =
    significance / numData; // simpan atribut yang paling
    berpengaruh
}
}

void calculateReductsuhu(float
suhuAttr[][10], int
jumlahAtribut, int jumlahData) {
for (int i = 0; i <
jumlahAtribut; i++) {
    float pengaruh = 0;

    // Hitung tingkat
    pengaruh setiap atribut
    suhu
    for (int j = 0; j <
jumlahData; j++) {
        pengaruh +=
    suhuAttr[i][j]; // contoh
    sederhana: total nilai
    tiap atribut
    }

    // Rata-rata pengaruh
    setiap atribut
    reduct[i] = pengaruh /
    jumlahData;
}
}
}

```

Secara keseluruhan, sistem kontrol air berbasis IoT dengan metode RST berhasil menjaga kestabilan pH dan suhu air aquascape sesuai rentang yang ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan respons aktuator yang baik dan pemantauan real-time melalui Blynk berjalan optimal. Dengan demikian, sistem telah memenuhi tujuan penelitian dan menunjukkan kinerja yang andal.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengeksplorasi penerapan Rough Set Theory (RST) pada sistem kontrol pH dan air pada aquascape berbasis IoT. Dengan mengintegrasikan metode RST ke dalam sistem, proses pengambilan keputusan dalam pengendalian pH dan suhu dapat dilakukan secara lebih objektif dan efisien.

Sistem ini membantu menjaga kestabilan kualitas air melalui pemantauan dan pengontrolan otomatis yang terhubung secara real-time. Berdasarkan hasil analisis, penerapan RST terbukti mampu meningkatkan akurasi kontrol dan keandalan sistem dalam mempertahankan pH dan suhu pada rentang optimal, sehingga berpotensi mendukung pengelolaan ekosistem aquascape yang lebih stabil dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan, bantuan, serta kerja sama dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi berharga dalam proses penyusunan dan penyelesaian jurnal ini. Tanpa adanya dukungan moral, bimbingan, serta bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari pihak-pihak tersebut, penyusunan jurnal ini tentu tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, memberikan arahan, motivasi, serta fasilitas yang mendukung terlaksananya penelitian ini hingga selesai.

REFERENSI

- [1] A. Rifat, P. Patel, and B. S. Babu, "The Internet of Things (IOT) in Smart Agriculture Monitoring," *Eur. J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–18, 2022, doi: 10.24018/compute.2022.2.1.49.
- [2] C. Bersani, C. Ruggiero, R. Sacile, A. Soussi, and E. Zero, "Internet of Things Approaches for Monitoring and Control of Smart Greenhouses in Industry 4.0," *Energies*, vol. 15, no. 10, 2022, doi: 10.3390/en15103834.
- [3] D. P. Hutabarat, R. Susanto, B. Prasetya, B. Linando, and S. M. N. Arosha, "Smart system for maintaining aquascape environment using internet of things based light and temperature controller," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 1, pp. 896–902, 2022, doi: 10.11591/ijce.v12i1.pp896-902.
- [4] Hariyadi, A. Winaya, and M. R. A. Pratama, "Effect of Time of LED Lights Irradiation on Aquascape Performance," *J. Aquac. Dev. Environ.*, vol. 3, no. 1, pp. 134–142, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/jade/article/view/2354>
- [5] S. Demiralp, "New Insights into Rough Set Theory: Transitive Neighborhoods and Approximations," *Symmetry (Basel)*, vol. 16, no. 9, 2024, doi: 10.3390/sym16091237.
- [6] S. Xia *et al.*, "An Efficient and Accurate Rough Set for Feature Selection, Classification, and Knowledge Representation," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 35, no. 8, pp. 7724–7735, 2023, doi: 10.1109/TKDE.2022.3220200.
- [7] A. F. Ritonga, S. Wahyu, and F. O. Purnomo, "Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK Jakarta 1," *Risenologi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.47028/j.risenologi.2020.51.57.