

**IMPLEMENTASI IOT DAN WSN UNTUK PEMANTAUAN
DAN PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA
GREENHOUSE ANGGUR**

Tugas Akhir

**diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana**

dari Program Studi Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

1202202060

REZA ANANTA PUTRA



Program Studi Sarjana Teknologi Informasi

(Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI IOT DAN WSN UNTUK PEMANTAUAN
DAN PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA
GREENHOUSE ANGGUR**

**IMPLEMENTATION OF IOT AND WSN FOR MONITORING AND
CONTROL OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN
GREENHOUSE GRAPE**

NIM :1202202060

REZA ANANTA PUTRA

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika
Universitas Telkom

Surabaya, 16 Agustus 2024

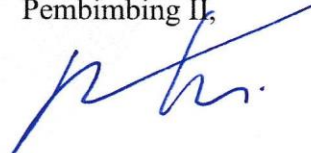
Menyetujui


Pembimbing I

Khodijah Amirah, S.ST., M.T.

NIP 19920005

Pembimbing II,



Philip Tobianto Daely, S.T., M.Eng. Ph.D.

NIP 19940002

Ketua Program Studi
Sarjana Teknologi Informasi Kampus Surabaya,



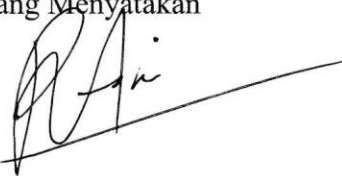
Bernadus Anggo Seno Aji, S.T., M.Eng. Ph.D.
NIP: 23929009

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Reza Ananta Putra, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir sayadengan judul IMPLEMENTASI IOT DAN WSN UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA *GREENHOUSE* ANGGUR beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Surabaya, 16 Agustus 2024

Yang Menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Reza Ananta Putra', with a long horizontal line extending to the right.

Reza Ananta Putra

IMPLEMENTASI IOT DAN WSN UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA *GREENHOUSE* ANGGUR

Reza Ananta Putra¹, Khodijah Amiroh², Philip Tobianto Daely, S.T., M.Eng., Ph.D.³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom Surabaya

¹rezaanantap@students.telkomuniversity.ac.id, ²dijaamirah@telkomuniversity.ac.id,

³ptdaely@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tanaman anggur yang berasal dari lingkungan subtropis dengan iklim sejuk, menghadapi tantangan pertumbuhan di daerah tropis yang cenderung panas. Penelitian ini difokuskan untuk pengimplementasian *Internet of Things* (IoT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN) dalam pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban di *greenhouse* Telkom University Surabaya. Pengambilan data suhu dan kelembaban menggunakan dua sensor DHT22 dan satu Hygrometer sebagai kalibrasi sensor untuk pemantau dan pengendalian secara *real-time* pada jam 09.00, 11.00, 13.00, 14.00, di dalam ruangan berukuran 5m × 1,3m × 3m area *greenhouse* tanaman anggur. Sensor - sensor ini terhubung node transmiter melalui WSN, mengirimkan data ke unit *reciever* yang menerapkan metode *fuzzy logic* untuk mengontrol durasi aktuatur penyemprot air secara otomatis. Tujuan utama adalah mencapai dan menjaga kondisi suhu dan kelembaban yang ideal di dalam *greenhouse*. Penelitian ini juga mengkaji performa sensor dari pagi hingga sore hari untuk menilai akurasi. Hasil dari implementasi sistem menunjukkan bahwa nilai selisih sensor yang telah dikalibrasikan adalah 1.96% untuk suhu dan 7.25% untuk kelembaban, dengan nilai selisih durasi pompa sebesar 7.47%. Data yang difuzzifikasi oleh *node transmitter* dikirim melalui sinyal radio frekuensi (RF) untuk *node pemrosesan receiver* dan ditampilkan di *website* secara *real-time* memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih optimal. Dari data analisis pengujian suhu sesudah mendapat nilai rata – rata berkisar 33.25°C, yang menunjukkan perlunya penurunan lebih lanjut untuk mencapai suhu ideal. Untuk nilai kelembaban menunjukkan nilai sesudah pengendalian dengan kelembaban ideal berkisar 50% sudah mencapai nilai ideal untuk area *greenhouse* tanaman anggur.

Kata Kunci: Tanaman Anggur, *internet of things* (IoT), suhu kelembaban udara, *wireless sensor network* (WSN), *fuzzy Logic*.

Abstract

Grape plants, which originate from subtropical environments with cool climates, face challenges in growing in tropical areas that tend to be hot and dry. This study focuses on the implementation of the Internet of Things (IoT) and Wireless Sensor Network (WSN) in monitoring and controlling temperature and humidity in the greenhouse of Telkom University Surabaya. This study uses two DHT22 sensors and one Hygrometer as sensor calibration for real-time monitoring and control at 09.00, 11.00, 13.00, 14.00, in a room measuring 5m × 1.3m × 3m in the grape greenhouse area. These sensors are connected via WSN, sending data to a processing unit that applies a fuzzy logic method to automatically control the duration of the water spray actuator. The main goal is to achieve and maintain ideal temperature and humidity conditions in the greenhouse. This study also examines the performance of the from morning to evening to assess its accuracy. The results of the system implementation show that the calibrated sensor difference values are 1.96% for temperature and 7.25% for humidity, with a pump duration difference value of 7.47%. Data fuzzified by the transmitter node sent via the receiver processing node's radio frequency (RF) signal and displayed on the website in real-time allow for more optimal monitoring and control.

Keywords : *Grape plants, internet of things (IoT), air temperature humidity, wireless sensor network (WSN), fuzzy logic*

1. Pendahuluan

Latar belakang

Tanaman anggur merupakan jenis tumbuhan yang berasal dari lingkungan subtropis dengan karakteristik iklim yang sejuk. Pertumbuhan optimal tanaman anggur dapat dicapai saat mereka ditanam di dataran rendah, yaitu kisaran ketinggian antara 0 hingga 300 meter sensor di atas permukaan laut (mdpl), dengan tingkat kelembapan udara yang

berkisar antara 75% hingga 80% dan suhu rata-rata yang berkisar antara 23°C hingga 31°C [1]. Namun secara umum, tanaman anggur mengalami kesulitan dalam tumbuh dan berkembang di daerah lahan beriklim tropis yang suhunya cenderung tinggi dan tingkat kelembaban udara dibawah rata-rata.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada tanaman anggur yang berada di *greenhouse* Telkom University Surabaya. Untuk perawatan tanaman anggur di *Greenhouse* Telkom University Surabaya masih mengandalkan metode manual, belum tersedia solusi otomatis dan terkendali untuk memonitor serta mengendalikan suhu dan kelembaban udara secara *real-time*. Pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembaban udara petani anggur saat ini masih menggunakan alat ukur manual, seperti *thermometer* dan *hygrometer* [4]. Selain itu, perawatan tanaman anggur juga menggunakan metode penyiraman manual menggunakan selang air untuk menjaga kondisi suhu dan kelembaban udara *greenhouse* agar suhu ruangan *greenhouse* tetap terjaga [5]. Oleh karena itu, penting dalam perawatan tanaman anggur untuk pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembaban udara pada ruangan *greenhouse* berguna mengoptimalkan pertumbuhan tanaman anggur [6].

Dalam penelitian ini akan diterapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN). Untuk mendukung penelitian ini, beberapa unit sensor dan aktuator yang saling terhubung akan ditempatkan secara merata guna melakukan pemantauan kondisi lingkungan tanaman secara *real-time*. Selain itu, data yang terkumpul akan digunakan untuk mengambil tindakan yang sesuai demi memastikan pertumbuhan optimal tanaman anggur [7].

Implementasi IoT dan WSN dalam pemantauan serta pengendalian suhu dan kelembaban udara pada tanaman anggur membawa sejumlah keunggulan signifikan. Keuntungan-keuntungan tersebut melibatkan kemampuan sistem untuk menghimpun data secara akurat dan mendeteksi perubahan lingkungan yang signifikan secara *real-time*.

Penggabungan teknologi IoT dan WSN ini mampu meningkatkan kualitas suhu kelembaban udara yang ideal dan mengurangi risiko kerugian yang disebabkan oleh perubahan lingkungan yang tidak terkendali. Hal ini akan secara positif berkontribusi pada aspek-produksi anggur yang berkualitas tinggi dan berkelanjutan. Selain itu, pemantauan yang presisi juga dapat menjadi langkah krusial dalam konteks pertanian berkelanjutan.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan sistem otomatis untuk pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembaban udara pada tanaman anggur?
2. Sejauh mana akurasi dan responsivitas sistem dalam mengumpulkan data secara *real-time* ?

Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah menerapkan sistem yang dapat melakukan pemantauan dan pengendalian secara otomatis dan *real-time*, serta teknologi WSN dapat melakukan *monitoring* tidak jauh dari tempat penelitian, dan monitoring bisa dapat dilihat langsung melalui *website*.

Topik dan Batasannya

Penelitian ini berfokus di area *Greenhouse* Telkom University Surabaya untuk pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembaban udara pada tanaman anggur, menggunakan teknologi *Internet Of things*, *wireless sensor network*, dan perhitungan metode *fuzzy logic* untuk Mengembangkan dan menerapkan sistem otomatis untuk pemantauan dan pengendalian, Merancang dan mengimplementasikan sensor dan aktuator yang terkoneksi secara terdistribusi untuk memantau suhu dan kelembaban udara pada tanaman anggur secara *real-time*, Mengembangkan algoritma dan sistem pengendalian otomatis untuk menyesuaikan suhu dan kelembaban udara pada *Greenhouse* Telkom University Surabaya, yaitu dengan melakukan pengendalian 4 kali sehari, dan lama penyemprotan dilakukan dengan kondisi suhu dan kelembaban di lingkungan *Greenhouse* tanaman anggur.

2. Studi Terkait

Penelitian terdahulu

Penelitian pertama yang berjudul “Sistem Pemantauan Suhu, Kelembapan Udara dan pH Air pada Rumah Anggur berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi *Website*” yang dilakukan oleh Mislaini, Ikhwan Ruslianto, Kasliono pada tahun 2023. Pada penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan memperhatikan suhu, kelembapan, dan pH air sebagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, kualitas, dan hasil panen anggur [1].

Penelitian kedua yang berjudul “*Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture*” yang di lakukan oleh Hamza Benyezza a, Mounir Bouhedda a, Reda Kara a, Samia Rebouh, pada tahun 2023. Penelitian dilakukan karena menggunakan sistem jaringan sensor nirkabel berbiaya rendah atau *Wireless Sensor Network* (WSN) yang didasarkan pada komunikasi frekuensi radio (RF) untuk mengumpulkan dan mengirimkan data rumah kaca (temperatur, kelembaban, dan kelembapan tanah) ke unit pemrosesan berdasarkan Raspberry Pi [10]. .

Penelitian ketiga yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kendali Budidaya Anggur Dengan Penerapan *Internet of Things* (IoT) Berbasis Android” yang disusun oleh Nur Fitriana Putri, Rahmi Hidayati*, Irma Nirmala pada tahun 2023. Penelitian ini dilakukan karena memanfaatkan teknologi *Internet of Things* untuk pemantauan dan kendali budidaya anggur di *Greenhouse*. Hasil dari penelitian tersebut dapat disimpulkan berupa nilai pengujian akurasi sensor yang akurat dan *real-time* [11].

Penelitian keempat yang berjudul “Purwarupa Sistem *Monitoring* dan Kendali pada Ruang Server dengan Teknologi *Wireless Sensor Network* Berbasis *Website* (Studi kasus Gedung UPT.TIK UNTAN)” yang disusun oleh M. Agus Prastyio, Dedi Triyanto, Tedy Rismawan pada tahun 2021. Penelitian ini dilakukan karena memanfaatkan teknologi *Wireless Sensor Network* dalam pemantauan ruang server. Dengan hasil ini, penelitian ini memberikan kontribusi pada pemantauan ruang server yang efisien dan akurat menggunakan teknologi WSN, memberikan manfaat dalam menjaga keseimbangan dan keandalan operasional ruang server [7].

Penelitian Kelima ini yang berjudul “Pengembangan Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Suhu pada ruang Inkubator Budidaya *LoveBird* Berbasis *Fuzzy Logic*” yang disusun oleh Defri Aristiono, Asti Riani Putri pada tahun 2019. Penelitian ini dilakukan karena untuk pengembangan sistem pengendalian dan *monitoring* suhu pada ruang inkubator budidaya *Lovebird*. Data kendali yang dihasilkan dalam penelitian ini juga menggunakan metode fuzzy Logic, karena metode tersebut memiliki output keputusan menyerupai manusia yang memberikan nilai pada suhu secara aman pada ruang inkubator untuk anakan *Lovebird* [2].

Greenhouse Tanaman Anggur

Greenhouse atau disebut juga rumah kaca merupakan sebuah bangunan tempat budidaya tanaman dengan pengaturan beberapa variabel di dalamnya agar sesuai dengan kebutuhan tumbuh kembang tanaman yang sedang dibudidayakan. [13]. Pada penelitian ini akan dilakukan di *greenhouse* Telkom *University* Surabaya, yang dimana data sampel monitoring suhu dan kelembaban udara diambil setiap waktu secara *real-time* dan pengendalian dilakukan 3 kali sehari, agar supaya mengurangi penggunaan air secara berlebihan dan durasi pompa untuk pengendalian dilakukan secara bertahap, dilakukan penyemprotan kabut pada pagi hari pukul 09.00, dan 11.00 dan 13.00 di siang hari, dan yang terakhir 16.00 di sore hari. Pengambilan data *monitoring* di *Greenhouse* Telkom *University* Surabaya bisa mencapai angka 33° - 36° dan kelembaban 60% - 80%. Pada pengujian sistem di ruangan *Greenhouse* tanaman anggur ini bertujuan untuk menjaga kualitas suhu dan kelembaban di ruangan *greenhouse* tanaman anggur agar kualitas suhu dan kelembaban tetap terjaga dengan baik.

Suhu dan Kelembaban udara

Suhu dan kelembaban udara pada penelitian ini merupakan dua parameter dalam penelitian yaitu memiliki peranan penting dalam pertumbuhan tanaman anggur. Pengambilan data Suhu dan kelembaban di *Greenhouse* menggunakan sensor DHT-22 dan alat ukur digital HTC-1 sebagai perbandingan Tingkat akurasi sensor. Suhu merupakan satuan derajat panas dan dingin, sedangkan kelembaban merupakan Tingkat suatu keadaan lingkungan basah dan kering.

Internet Of Things(IoT) dan Wireless Sensor Network(WSN)

Internet of things sendiri dalam penelitian ini merupakan sebuah rangkaian sitem yang akan di implementasikan di area lingkungan fisik *Greenhouse* tanaman anggur. *Wireless Sensor Network* sendiri merupakan sebuah jaringan sistem biaya rendah, berguna untuk mengirim data secara *real-time*, yang di ambil dari sensor lalu dikirim melalui Arduino yang tersambung ke NRF24L01 sebagai *transmitter*, dan akan otomatis terkirim ke *receiver* sebagai penerima yang terhubung langsung ESP32 yang berguna untuk mengirim data secara *realtime* ke *firebase* dan akan ditampilkan di *website* yang tersedia.

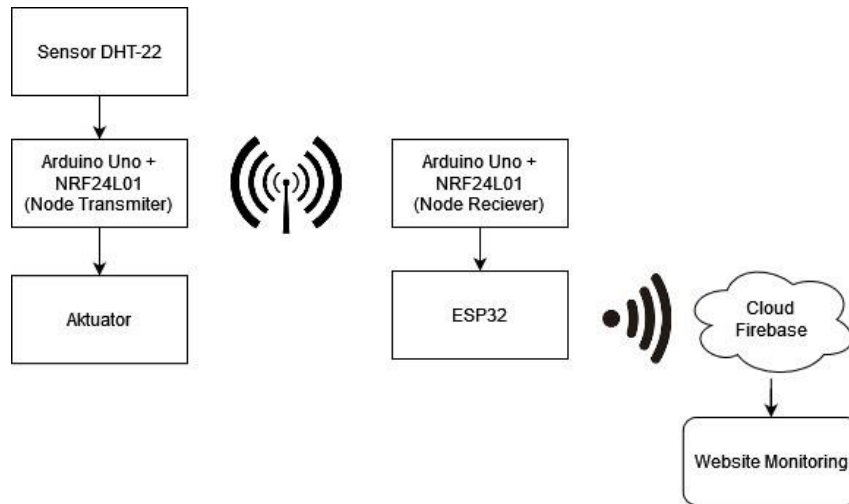
Fuzzy Logic

Fuzzy logic adalah merupakan logika yang mampu mendefinisikan nilai sebenarnya, atau dapat diartikan sebagai nilai ambigu, atau tidak tegas, yang mengaitkan antara ruang input dan output. Alasan di balik penggunaan metode ini adalah karena kejelasan konsep dan kemampuan logika *fuzzy* dalam menangani ketidakpastian atau keabuan dalam pengaturan sistem otomisasi pengendalian[10].

3. Sistem yang Dibangun

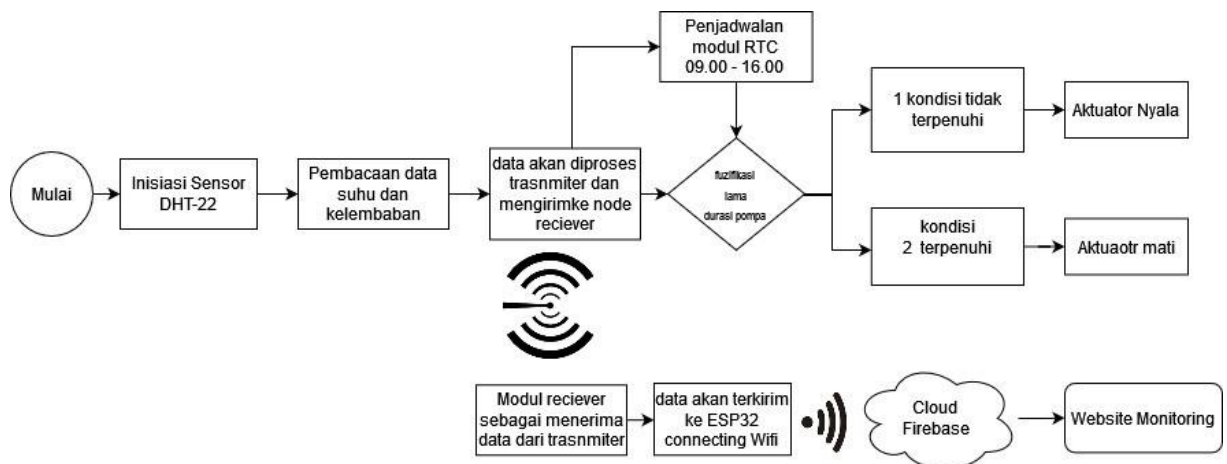
Perancangan sistem

Pada gambar 1 merupakan diagram blok sistem penelitian ini, mencakup sensor DHT-22, Arduino uno dan NRF24L01 sebagai *Node transmitter* yang terhubung langsung oleh relay dan aktuator. *Fuzzy logic* sebagai pengolah data atau penentu pompa hidup, mati, dan menentukan lama atau tidak aktuator menyala. WSN sebagai pengirim sinyal radio frekuensi dari *transmitter* ke *Node receiver* sebagai penerima data, dan ESP32 berfungsi sebagai pengirim data ke *Cloud firebase* yang akan disimpan, dan yang terakhir data monitoring akan tampil di *website* yang tersedia.



Gambar. 1 Diagram Blok Sistem

Selanjutnya adalah membuat bagaimana alur sistem bekerja secara keseluruhan. Alur Sistem dimulai dari pembacaan sensor, inialisasi nilai sensor oleh *transmitter* dikirim ke *reciever*, proses *fuzifikasi*, dan bagaimana aktuator bekerja. Pada Gambar 2, dapat dilihat bagaimana alur sistem.



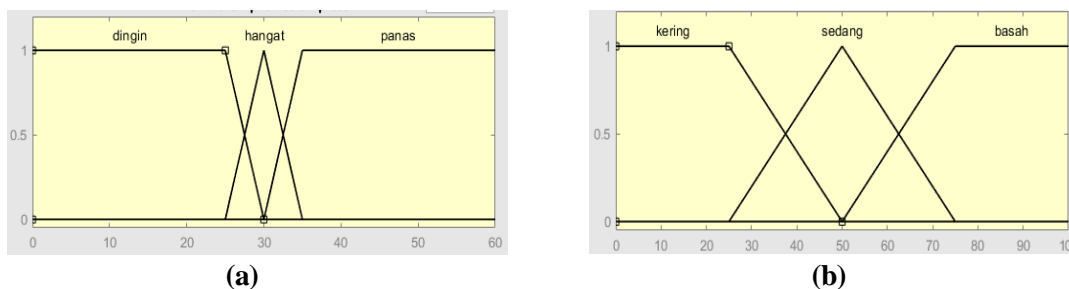
Gambar. 2 Diagram Alur Sistem

Perancangan *Fuzzy Logic*

Perancangan *fuzzy logic* akan mentukan durasi aktif pada pompa sebagai pengambil keputusan pada proses aktuator dengan input parameter suhu dan kelembaban, dengan tahapan awal sebagai berikut.

1. Fungsi keanggotaan *fuzzy*

Terdapat 2 variabel input, yaitu suhu dan kelembaban. Variabel fuzzy suhu terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu dingin ketika nilai suhu dari 0-30, hangat ketika nilai suhu 25 hingga kurang 35, dan panas ketika suhu lebih dari 30. Variabel fuzzy kelembaban terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu kering ketika kurang dari 0-25%, sedang ketika 25% hingga kurang 75%, basah ketika lebih dari 75% [17]. Pada gambar 4, merupakan grafik fungsi keanggotaan suhu dan kelembaban:



Gambar 4. Fungsi keanggotaan Fuzzy, Suhu(a), Kelembaban(b)

2. Komposisi aturan

Pada tahap ini dibuat aturan fuzzy berdasarkan nilai suhu dan kelembaban untuk menentukan output pengendalian aktuator. Output durasi pompa didapat dari 9 aturan, jika inputan lama maka pompa akan menjalankan aktuator selama 60 detik, jika cepat 30 detik, dan jika dua parameter=terpenuhi, maka aturan yang terjadi pompa akan mati 0.

Suhu \ Kelembaban	Kering	Sedang	Basah
Dingin	Cepat	Cepat	Mati
Hangat	Cepat	Cepat	Cepat
Panas	Lama	Cepat	Cepat

Tabel. 1 Rule base

Pada tabel 1. Dapat dilihat untuk 9 kombinasi aturan fuzzy. Berikut adalah cara menentukan kombinasi aturan yang dipakai :

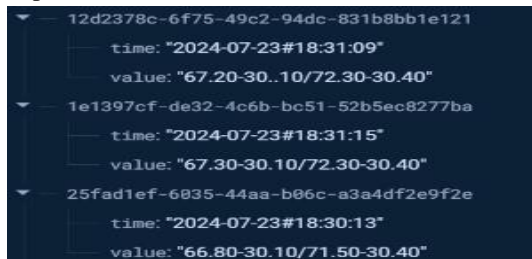
- Jika kedua parameter terpenuhi maka pompa mati.
- Jika satu parameter tidak terpenuhi maka pompa cepat.
- Jika kedua parameter tidak terpenuhi maka lama.

3. Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi suatu sistem fuzzy logic akan mengonversi setiap hasil dari fuzzy inferensi yang diekspresikan dalam bentuk fuzzy set ke suatu bilangan real. Hasil konversi tersebut merupakan hasil yang diambil sebagai sistem kendali keluaran durasi pompa yang akan melakukan pengendalian[9].

Perancangan Website

Pada penelitian ini menerapkan Internet of things dan Wirelles Sensor Network dengan menampilkan nilai data real-time dari reciever dikirim melalui ESP32 ke firebase dan tampil di laman website. Perancangan website menggunakan bahasa pemograman JavaScript, serta database firebase. Pada Gambar 6, dapat dilihat data reciever, database, dan website



(a)

Suhu 1	Suhu 2	Kelembapan 1	Kelembapan 2	Durasi Pompa (fuzzy)	Waktu
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:09
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15
30.1	30.4	67.3	72.3	N	2024-07-23 18:31:15

(c)


```

18:31:04.947 -> data : 67.30-30.110/72.00-30.40
18:31:05.242 -> Waktu : 2024-07-23#18:31:04
18:31:05.243 -> Data Berhasil Dikirim
18:31:05.250 -> Data Berhasil Dikirim
18:31:05.284 ->
18:31:10.057 -> data : 67.20-30..10/72.30-30.40
18:31:10.107 -> Waktu : 2024-07-23#18:31:09
18:31:10.315 -> Data Berhasil Dikirim
18:31:10.433 -> Data Berhasil Dikirim
    
```

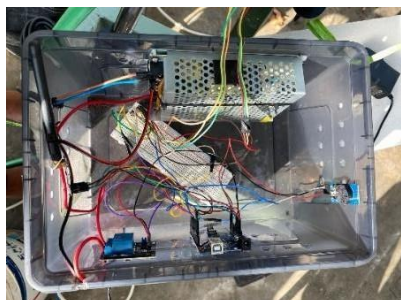
(b)

Gambar 6. Data *Firestore*(a), *Website*(b), *Receiver*(c)

4. Evaluasi

Hasil perancangan *Prototype*

Pada **Gambar 7**, merupakan hasil *prototype* pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembaban udara pada penelitian ini, komponen hardware berada didalam box ada 2, yaitu box berisi komponen transmitter, dan receiver. Untuk aktuator sendiri menggunakan pompa air dan sprinkler air untuk menyemprotkan air berupa embun, dan aktuator terhubung langsung oleh rangkaian node transmitter agar mudah untuk melakukan pengendalian secara otomatis.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. *Prototype* Sistem. (a)*Transmitter*, (b)*Implementasi system Greenhouse*, (c)*Receiver*

Hasil Pengujian Sensor Suhu

Pengujian pengambilan data suhu dilakukan menggunakan sensor DHT-22 yang mendapatkan nilai suhu dari jam 09.00 pagi, sampai 16.45 sore, serta alat ukur suhu digital yaitu HTC-1 sebagai nilai perbandingan selisih akurasi sensor. Pengambilan data suhu dilakukan setiap saat, karena data suhu selalu terbaru secara *real-time* dengan interval 5 detik yang terkirim dari transmitter, Setelah itu nilai data suhu dirata-rata. Pada **Tabel 2**, merupakan hasil pengujian sensor DHT-22 yang dibandingkan dengan Digital sensor HTC-1 yang mendapatkan galat nilai sebesar 1.96%, dan antara sensor DHT-22, yaitu 0.68% .

No	Waktu	Sensor Suhu 1 Sensor Suhu 2 (dht-22)		Selisih (sensor1- sensor 2)	Rata – rata Nilai Suhu (DHT-22)	HTC 1 Digital Suhu	Selisih (Sensor- HTC-1)
1	09.00	32.5	34.6	2.1	33.5	33.9	0.4
2	09.00	32.6	34.6	2	33.6	33.9	0.3
3	09.00	32.4	34.7	2.3	33.5	33.9	0.4
4	09.00	32.4	34.8	2.4	33.6	33.9	0.3
...
5	11.49	34.7	34.7	0	34.7	35.5	0.8
6	11.49	34.8	34.7	1	34.7	35.5	0.8
7	11.49	35.1	34.8	0.3	34.9	35.5	0.6

8	11.49	34.9	34.8	0.1	34.8	35.5	0.7
...			
9	12.55	37.3	36.4	0.9	36.8	39.9	3.1
10	12.55	37.3	36.5	0.8	36.9	39.9	3
11	12.55	37.5	36.5	1	37	39.9	2.9
12	12.55	37.8	36.8	1	37.3	39.9	2.6
...			
13	16.45	32.8	33.0	0.2	32.9	36.8	3.9
14	16.45	32.7	33.2	0.5	32.9	36.8	3.9
15	16.45	32.9	33.2	0.3	32.9	36.8	3.9
16	16.45	33.0	33.1	0.1	33	36.8	3.8
	Rata-rata%			0.68			1.96

Tabel 2. Hasil Pengujian Variabel Suhu

Hasil Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian pengambilan data kelembaban sama seperti suhu yaitu menggunakan sensor DHT-22 yang pengambilan datanya dimulai dari pukul 09.00 – 16.45, mendapatkan nilai selisih rata-rata akurasi sensor 7.47% dari sensor 1 dan sensor 2, serta dibandingkan dengan alat ukur kelembaban digital mendapatkan nilai rata-rata selisih 7.25%. Pada Tabel 3, merupakan perbandingan kelembaban antar sensor DHT-22 dan HTC-1.

No	Waktu	Sensor Kelembaban 1 Sensor Kelembaban 2 (dht-22)		Selisih (sensor1– sensor 2)	Rata – rata Nilai Kelembaban (DHT-22)	HTC 1 Digital Kelembaban	Selisih (Sensor– HTC-1)
1	09.00	51.9%	62.5%	10.6%	57.2%	50%	7.2%
2	09.00	51.8%	62.5%	10.7%	57.1%	50%	7.1%
3	09.00	52.2%	62,0%	10.5%	57.1%	50%	7.1%
4	09.00	52.2%	62.7%	10.5%	57.4%	50%	7.4%
...
5	11.49	53.6%	57.8%	4.2%	55.7%	49%	6.7%
6	11.49	53.2%	57.3%	4.1%	55.2%	49%	6.2%
7	11.49	52.8%	57.4%	4.6%	55.1%	49%	6.1%
8	11.49	52.5%	57.3%	4.8%	54.9%	49%	5.9%
...
9	12.55	40.3%	49.7%	9.4%	45%	41%	4%
10	12.55	40.2%	49.4%	9.2%	44.8%	41%	3.8%
11	12.55	40.2%	49.4%	9.2%	44.8%	41%	3.8%
12	12.55	40.1%	49.0%	8.9%	44.5%	41%	3.5%
...
13	16.45	54.4%	54.1%	0.3%	54.2%	45%	9.2%
14	16.45	54.1%	53.6%	2%	55.1%	45%	10.1%
15	16.45	64.0%	53.8%	10.2%	58.9%	45%	13.9%
16	16.45	64.2%	53.8%	10.4%	59%	45%	14%
	Rata-rata%			7.47			7.25

Tabel 3. Hasil Pengujian Variabel Kelembaban

Hasil pengaruh pengujian Aktuator terhadap suhu dan kelembaban

Pada pengujian aktuator, merupakan durasi pompa yang keluar sesuai dengan *output fuzzy* secara otomatis dan *realtime*. Pada Tabel 4, adalah hasil percobaan aktuaotor secara otomatis, dan perubahan suhu kelembaban sesudah dilakukan setelah pengendalian, mendapatkan kondisi suhu hangat, kelembaban sedang dan mendapat status aktuator cepat. Berdasarkan latar belakang hasil pengujian ideal tanaman anggur berkisar antara 23°C hingga 31°C dan nilai kelembaban berkisar antara 75% hingga 80%[1]. Data pengujian menunjukkan suhu sesudah pengendalian sekitar 33.25°C, yang masih lebih tinggi dari rentang suhu ideal. Untuk kelembaban sesudah pengendalian mendapatkan rentang nilai berkisar 55.0% dapat diterima oleh tanaman anggur.

No	Waktu	nilai suhu & Kelembaban Sebelum		Kondisi Suhu & Kelembaban	Durasi Pompa (Aktuator)	Status Aktuator	nilai suhu & Kelembaban Sesudah	
1	09.00	34.5	51.2%	Hangat-Sedang	39.98ms	Cepat	34.0	51.8%
2	11.00	33.8	49.0%	Hangat- Sedang	56.09ms	Cepat	33.7	49.7%
3	13.00	32.6	58.2%	Hangat-Sedang	56.10ms	Cepat	32.4	59.4%
4	16.00	33.3	55.2%	Hangat Sedang	40.93ms	Cepat	32.9	59.1%
Rata - rata		33.55	53.4%				33.25	55.0%

Tabel 4. Hasil Pengujian Aktuator

Hasil pengujian *Fuzzy logic* pada simulasi Matlab

Hasil pengujian ini, *fuzzy logic* yang sudah dirancang untuk output aktuator pada node mikrokontroler yang berada di transmitter, disimulasikan menggunakan nilai *output* pada matlab. Pada Tabel 6, Nilai rata-rata galat persentase sebesar 18.7% menunjukkan rata-rata deviasi absolut antara pengukuran aktuator dan hasil simulasi matlab. Ini menunjukkan bahwa hasil simulasi matlab dan pengukuran aktuator memiliki perbedaan yang signifikan dalam beberapa kasus, dan pengujian lebih lanjut mungkin diperlukan untuk memperbaiki akurasi model matlab atau sistem aktuator.

No	nilai suhu & Kelembaban Sebelum		Durasi Pompa (Aktuator)	Durasi Pompa (Matlab)	Galat%
1	34.5	51.2%	39.9s	58.6	31.9
2	33.8	49.0%	56.0s	60	6.7
3	32.6	58.2%	56.1s	50.2	11.8
4	33.3	55.2%	40.9s	54	24.3
Rata - rata%					18.7%

Tabel 5. Hasil Pengujian *Fuzzy logic*

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bawah pembacaan sensor DHT22 berjalan dengan baik, dengan hasil pengujian maka akan dikalibrasikan dengan sensor digital HTC-1 menunjukan selisih *error* 1.96%. Untuk Node *transmitter* dan *reciever* berjalan dengan baik yang memiliki *delay* interval 5 detik tiap data *transfer real-time*. Metode *fuzzy logic* sebagai kontrol pengendalian aktuator berjalan dengan baik, dengan hasil pengujian matlab menunjukan galat sebesar 18.7%, atau bisa dikatakan pengujian lebih lanjut mungkin bisa memperbaiki akurasi pada sistem aktuator, karena masih bisa dikatakan kurang absolut jika dibandingkan dengan hasil dari simulasi matlab. Dari data analisis pengujian suhu sesudah mendapat nilai rata – rata berkisar 33.25°C, yang menunjukkan perlunya penurunan lebih lanjut untuk mencapai suhu ideal. Untuk nilai kelembaban menunjukan nilai sesudah pengendalian dengan kelembaban ideal berkisar 50% sudah mencapai nilai ideal untuk area *greenhouse* tanaman anggur. Sistem monitoring dapat dilihat melalui *website* <https://greenhouse-red.vercel.app> yang menampilkan data suhu kelembaban, dan durasi aktuaotor menyala secara otomatis sesuai jadwal.

6. Saran

Untuk meningkatkan hasil penelitian ini, disarankan untuk melakukan kalibrasi lebih lanjut pada sensor DHT22 guna mengurangi selisih *error* yang ada. Selain itu, optimasi aturan dan fungsi keanggotaan *fuzzy logic* diperlukan untuk memperbaiki akurasi sistem, mengingat galat yang terdeteksi masih cukup kurang signifikan. Penyesuaian suhu juga perlu diperhatikan, mengingat suhu rata-rata yang tercatat sebesar 33.25°C masih di atas suhu ideal untuk tanaman anggur. Evaluasi sistem monitoring secara berkala sangat penting untuk memastikan keandalannya, termasuk kemungkinan penambahan fitur-fitur seperti notifikasi atau laporan otomatis. Uji coba jangka panjang dalam berbagai kondisi lingkungan juga perlu dilakukan untuk menilai kehandalan sistem. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi algoritma kontrol dan teknologi sensor yang lebih canggih guna mencapai hasil yang lebih presisi dan efisien

Daftar Pustaka

- [1] I. R. K. Mislaini, "sistem Pemantauan Suhu Kelembapan Udara dan pH Air pada Rumah Anggur berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Website," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 5, 2023.
- [2] A. R. P. Defri Aristiono, "PENGEMBANGAN SISTEM PENGENDALIAN DAN MONITORING SUHU PADA RUANG INKUBATOR BUDIDAYA LOVEBIRD BERBASIS FUZZY LOGIC," *JOEICT (Jurnal of Education and Information Communication Technology)*, vol. 03, pp. 141-149, 2019.
- [3] R. S. Y. A. Chindra Saputra1), "Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Monitoring Serta Kelembapan," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 08, 2022.
- [4] D. B. R. A. D. Y. A. M. Natsir1, "IMPLEMENTASI IOT UNTUK SISTEM KENDALI AC," *Jurnal PROSISKO*, vol. 06, 2019.
- [5] P. A. S. A. T. S. Risam Santosa1, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT (Internet of Thing) pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 05, pp. 391400, 2023.
- [6] H. F. E. R. W. Rosa Mulyanis Chan1, "Pengendalian Suhu dan Kelembapan Udara untuk Budidaya Microgreen Lobak Menggunakan Metode Regresi Linier berbasis Arduino," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 07, pp. 2534-2541, 2023.
- [7] D. T. T. R. M. Agus Prastyio, "Purwarupa Sistem Monitoring dan kendali pada Ruang Server dengan Teknologi Wireless Sensor Network Berbasis Website," *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 09, pp. 261-271, 2021.
- [8] T. R. S. D. T. Siti Aminah*, "Sistem Pemantauan dan Kendali Kelembapan Udara Pada Budi Daya," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 09, 2022.
- [9] W. P. R. R. H. Fitria Suryatini1*, "Sistem kendali penyemaian bersusun pada tanaman hidroponik," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 03, pp. 37-46, 2023.
- [10] H. B. M. K. R. & R. S. Benyezza, "Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture," *Internet of Things*, vol. 23, 2023.
- [11] R. H. I. N. Nur Fitriana Putri, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kendali Budidaya Anggur Dengan Penerapan Internet Of Things (IoT) Berbasis Android," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 10, pp. 725-734, 2023.
- [12] A. B. H. A. 3. R. A. 4. A. H. A. A. 5. Denny Trias Utomo1, "Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Pada Greenhouse Guna Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Anggur (Vitis vinivera) Di Daerah Sidoarjo," *JEECOM*, vol. 04, 2022.

- [13] Y. N. Harun Sujadi1, "SMART GREENHOUSE MONITORING SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS," *Jurnal J-Ensitem*, vol. 06, 2019.
- [14] H. F. G. E. S. Handi1, "Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 03, pp. 3258-3265, 2019.
- *
- [15] P. N. T. P. V. M. L. D. T. H. L. C. a. T. Tung Le Van1, "Design and Implementation of a Wireless Sensor Network for Smart Greenhouse Controller," *CommIT Journal*, vol. 16, pp. 1-8, 2022.
- [16] Y. A. P. D. R. Tareh Rozzaq Adzdziri, "Implementasi IoT (Internet Of Things) Pada rumah budidaya jamur Tiram putih," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 05, 2021.
- [17] Anggra Dinanda Ariyadi, Hani Zulfia Zahro, Joseph Dedy Irawan , "PROTOTYPE PENERAPAN SMART BUILDING BERBASIS INTERNET OF THING," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no.1, Februari 2023

Lampiran
Lampiran Gambar data sensor digital HTC-1



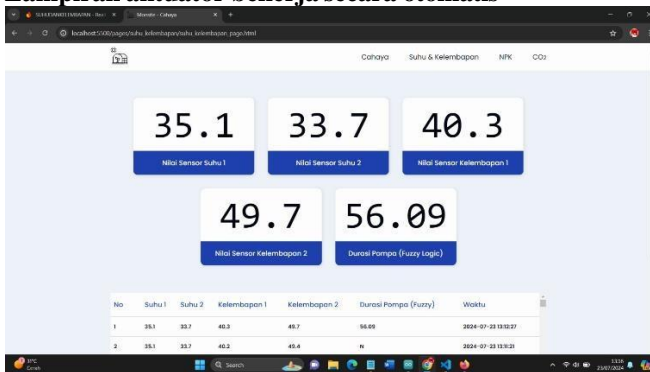
Lampiran *prototype*



Lampiran data suhu dan data kelembaban

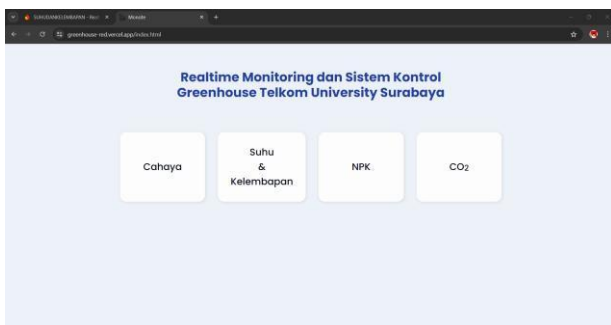
No	Suhu 1	Suhu 2	Kelembapan 1	Kelembapan 2	Durasi Pompa (Fuzzy)	Waktu
3	32.9	32.9	54.3	59.1	N	2024-07-24 16:45:34
4	32.8	32.9	54.4	59.5	N	2024-07-24 16:45:24
5	32.9	32.9	54.3	56.1	N	2024-07-24 16:45:18
6	32.8	32.9	54.3	56.0	N	2024-07-24 16:45:13
7	32.8	33.0	54.1	53.8	40.93	2024-07-24 16:45:11
8	31.4	33.3	64.0	55.2	N	2024-07-24 16:29:13
9	31.3	33.2	64.2	52.7	N	2024-07-24 16:29:08
10	31.3	33.3	64.5	52.4	N	2024-07-24 16:29:03

Lampiran aktuator bekerja secara otomatis

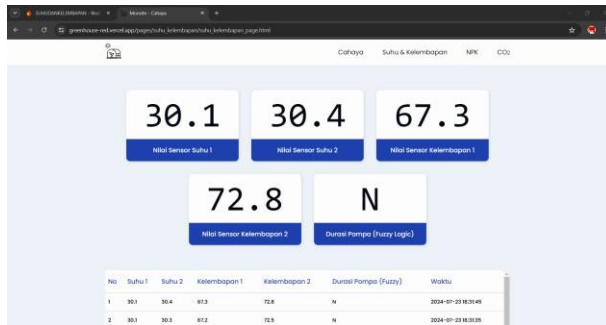


Lampiran laman website pemantauan & pengendalian otomatis

- Lampiran laman utama



- Lampiran laman pemantauan dan pengendalian Website



- Lampiran laman tabel pemantauan dan pengendalian

