

INTERNET OF THINGS DALAM SMART VERTICAL GARDEN DENGAN FUZZY LOGIC METHOD

Rayhan Febriyan Saputra¹⁾, Rizky Pradana²⁾, Indah Puspasari Handayani³⁾

¹ Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jl. Ciledug Raya – DKI Jakarta

^{2,3} Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jl. Ciledug Raya – DKI Jakarta

Co Responden Email: indah.puspasari@budiluhur.ac.id

Abstract

Article history

Received 16 Sep 2024

Revised 27 Sep 2024

Accepted 09 Oct 2024

Available online 31 Oct 2024

Keywords

Fuzzy Logic,
ESP-8266,
Smart Garden,
Internet of Things,
Vertical Garden

Vertical gardening is a popular method in urban areas due to its suitability for limited spaces. The main challenge is controlling and monitoring environmental conditions such as soil moisture, weather, water availability, and temperature. Smart Garden technology allows for monitoring and controlling plants through smart devices and the internet, making garden maintenance more efficient. This combination results in a Smart Vertical Garden, implemented in a company specializing in Industrial Plantation Forests (HTI), which still performs manual watering and plant monitoring. IoT technology is needed to enhance efficiency and save time. This research develops a Smart Vertical Garden based on IoT using an ESP-8266 microcontroller and various sensors, including soil moisture, ultrasonic, rain, LDR, and 5V Relay. The system is designed to reduce planting failures, improve irrigation efficiency, and monitor temperature, weather, water availability, light intensity, and soil moisture. Water pump control can be automatic or manual via a website. Using fuzzy logic, this research achieved a success rate of 95.13% and an efficiency rate of 93.29%. Plant growth in 4 days in one pot reached 0.932%, with a 67.71% difference in water levels compared to the previous hydroponic system.

Abstrak

Riwayat

Diterima 16 Jul 2024

Revisi 27 Sep 2024

Disetujui 09 Okt 2024

Terbit online 31 Okt 2024

Kata Kunci

Logika Fuzzy,
ESP-8266,
Smart Garden,
Internet of Things,
Vertical Garden

Vertical Garden adalah metode penanaman vertikal yang populer di perkotaan karena cocok untuk lahan terbatas. Tantangan utamanya adalah pengendalian dan pemantauan kondisi lingkungan seperti kelembapan tanah, cuaca, ketersediaan air, dan suhu. *Smart Garden* memungkinkan pemantauan dan pengendalian tanaman melalui perangkat pintar dan internet, membuat perawatan kebun lebih efisien. Kombinasi ini menghasilkan *Smart Vertical Garden*, yang diterapkan pada sebuah perusahaan di bidang Hutan Tanam Industri (HTI) yang masih melakukan penyiraman dan pemantauan tanaman secara manual. Teknologi *Internet of Things* (IoT) diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan menghemat waktu. Penelitian ini mengembangkan *Smart Vertical Garden* berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP-8266 dan berbagai sensor, seperti kelembapan tanah, ultrasonik, hujan, LDR dan relay 5V. Sistem ini dirancang untuk mengurangi kegagalan bercocok tanam, meningkatkan efisiensi pengairan, serta memantau suhu, cuaca, ketersediaan air, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah. Pengendalian pompa air dapat dilakukan otomatis atau manual melalui situs web. Menggunakan logika fuzzy, penelitian ini mencapai tingkat keberhasilan 95.13% dan efisiensi 93.29%. Pertumbuhan tanaman dalam 4 hari di 1 pot mencapai 0.932%, dengan perbedaan ketinggian air 67.71% dibandingkan sistem hidroponik sebelumnya.

PENDAHULUAN

Vertical Garden adalah metode penanaman secara vertikal di dinding yang memungkinkan penghematan lahan atau tempat untuk penanaman (Bhuvaneswari et al., 2021). Teknik ini populer di kawasan

perkotaan karena cocok untuk area terbatas dan sempit, selain berfungsi sebagai hiasan dinding yang memperindah rumah, namun fungsi *vertical garden* juga mampu membuat kualitas udara lebih baik, menyerap polusi, menurunkan suhu sekitar dan dimanfaatkan

sebagai perkebunan *hydroponic* menggunakan pipa yang dilubangi (Alfaatihah et al., 2022). Dalam pemeliharaan *vertical garden*, salah satu tantangannya adalah mengendalikan dan memantau kondisi lingkungan tanaman, seperti kelembaban media tanam, cuaca, ketersediaan air dan suhu sekitar (Prihanto et al., 2021). Untuk mendapatkan tanaman yang bertumbuh dengan baik, kelembaban tanah atau jumlah air yang tersimpan pada pori-pori tanah berada pada 40% - 60% (Tarigan et al., 2022). Mengadopsi dari penelitian terdahulu, kerusakan tanah dan kurangnya pengetahuan petani tentang sifat-sifat tanah dan kandungan kimia air hujan menyebabkan produksi tanaman di rumah menjadi kurang efisien maka dilakukan pengukuran dan pemantauan kondisi tanah untuk memastikan tanaman selalu tumbuh sehat dengan memperhatikan ukuran *level* pH yang tepat untuk kesuburan tanah (Rabak et al., 2023). Selanjutnya, memperhatikan tumbuhan dapat tumbuh dengan sehat digunakan pemanfaatan otomatisasi *hydroponic* menjadi jalan keluar untuk menghemat biaya, dengan memanfaatkan *microcontroller* ESP32 dapat dengan mudah membuat kustomisasi penanaman tanaman sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan (Shin et al., 2024).

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu perangkat atau benda ditanamkan suatu teknologi yang dapat berkomunikasi, mengendalikan, maupun bertukar data antara perangkat lain melalui jaringan internet (Baharsyah & Suriansyah, 2024). Dengan adanya IoT, kegiatan keseharian dapat terbantu dengan menerapkan otomatisasi dalam beberapa kegiatan karena pada dasarnya teknologi dikembangkan untuk mencapai tujuan tertentu (Handayani & Pradana, 2024), dengan kinerja nirkabel dan jaringan *wireless* (Ardiansyah et al., 2022). Pengembangan IoT terus dilakukan karena banyak sekali manfaat yang didapatkan dalam melakukan suatu kegiatan, diantaranya lebih cepat, mudah dan efisien (Faridi et al., 2021). Salah satu pemanfaatan IoT adalah *smart garden*, konsep teknologi yang memungkinkan orang memantau dan mengendalikan perawatan tanaman melalui perangkat pintar dan internet (Simanungkalit et al., 2024). Tujuan utama *smart garden* adalah mempermudah pekerjaan perkebunan.

Penggabungan konsep *vertical garden* dengan *smart garden* menghasilkan kombinasi yang ideal. Dengan adanya *smart garden*, perawatan *vertical garden* menjadi lebih mudah, efisien, dan tanaman lebih terawat serta terpantau kondisinya. Konsep ini masih tergolong dalam sistem kendali otomatis yang merupakan seperangkat elemen yang digabungkan menjadi satu dengan lainnya untuk suatu tujuan bersama (Nurdiansyah et al., 2020), yang dirancang untuk menjalankan tugas yang telah diprogram (Kasoni et al., 2023).

Salah satu perusahaan di Jakarta Barat yang bergerak di bidang Hutan Tanam Industri (HTI) sejak tahun 1992, juga memiliki tanaman yang dirawat melalui pot maupun hidroponik yang ditanami sayur-sayuran. Namun, pemantauan dan penyiraman tanaman pot masih dilakukan secara konvensional dan sistem hidroponik menggunakan air yang terus mengalir, sehingga kurang efisien dalam penggunaan listrik. Maka dari itu, diperlukan teknologi cerdas dan *modern* seperti *Internet of Things* (IoT) untuk mengatasi permasalahan penyiraman dan pemantauan kondisi tanaman, sehingga perawatan menjadi lebih efisien dan hemat waktu. Dengan adanya kombinasi konsep *vertical garden* dengan *smart garden* atau yang disebut *smart vertical garden*, tanaman menjadi lebih terawat dan terpantau. Pengembangan konsep *smart vertical garden* yang dapat memantau dan mengendalikan secara otomatis melalui perangkat IoT dengan menggunakan metode *fuzzy* yang dapat diakses pada *website*, dimana pengairan ditentukan berdasarkan kelembaban tanah, kondisi tanah, dan cuaca di Indonesia beriklim tropis yang memiliki musim hujan dan kemarau (A. P. Putra et al., 2021).

Metode *fuzzy* digunakan karena metode ini mempunyai potensi yang besar untuk menyelesaikan permasalahan ketidakpastian *linguistic* (Mursalin et al., 2020). Terutama pada tingkat kelembaban tanah yang memiliki nilai yang tidak pasti. Perangkat IoT yang digunakan dalam penelitian ini adalah ESP-8266 sebagai mikrokontroler utama yang mengelola data dari sensor dan mengirimkannya ke *server*. Pemilihan Mikrokontroler ESP-8266 karena modul yang bisa terbilang murah untuk ukuran mikrokontroler karena modul ini kecil dan efektif untuk berkomunikasi ataupun

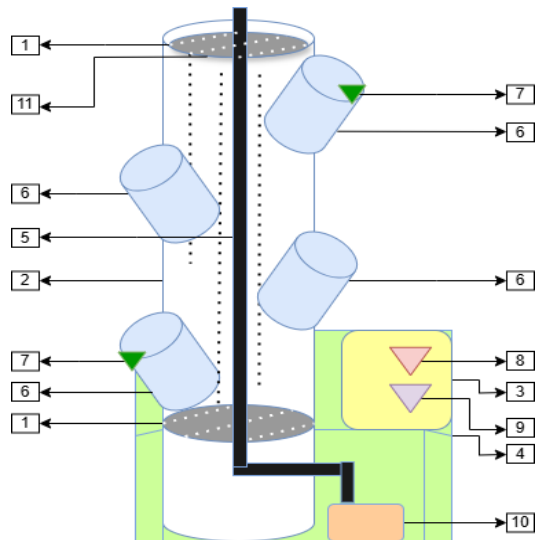
mengendalikan melalui jaringan internet. Selain itu modul ini juga telah dilengkapi dengan fitur *wireless fidelity* (Mukhlis et al., 2023).

Melalui perangkat sensor yang terhubung dengan IoT, dapat mencapai pembaruan informasi secara *real-time* (Hou, 2024). Sensor yang digunakan pada penelitian ini meliputi: sensor *soil moisture* YL-69, sensor ultrasonik, *Light Dependent Resistor* (LDR), *rain* sensor dan *relay*. Sensor *soil moisture* YL-69 adalah sensor yang berjenis analog dan dapat mengukur kelembapan tanah. Perangkat ini memiliki dua tongkat yang terbuat dari tembaga yang mengalirkan arus antara kedua tiang tersebut (Pamungkas & Bella, 2021). Sensor ultrasonik, sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik yaitu gelombang yang umum digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu benda dengan memperkirakan jarak antara sensor dan benda tersebut. Dengan mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dengan sebaliknya, maka dapat dihasilkan jarak yang didapat antara benda dan sensor tersebut (Pradana et al., 2024). Sensor ini akan digunakan untuk mengukur ketersediaan air di penampungan. *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah jenis resistor yang resistansinya berubah sesuai dengan jumlah cahaya yang diterimanya (Al Ghifari et al., 2022), modul sensor cahaya menghasilkan *output* yang mendeteksi tingkat intensitas cahaya. Beberapa sensor dan komponen lain seperti *Rain* Sensor untuk kondisi cuaca, dan *Relay* 5v untuk pengendali pompa air. Selain perangkat IoT, teknologi seperti server berbasis *Node.js* dan *React.js* digunakan untuk menampilkan data dari *server* ke situs *website*.

Komunikasi yang digunakan untuk mengirim data antara perangkat IoT, *server* dan situs *website* adalah protokol *websocket*. *Websocket* ini merupakan sebuah protokol yang dikembangkan dalam HTML 5 yang didasarkan pada protokol *Transfer Control Protocol* (TCP), memungkinkan untuk *bidirectional full duplex* (F. P. E. Putra et al., 2024). Penelitian ini bertujuan menerapkan *smart vertical garden* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP-8266 dengan konsep *vertical garden*. Sistem ini dirancang untuk mengurangi potensi kegagalan bercocok tanam dan keterbatasan lahan, meningkatkan efisiensi

pengairan, serta memantau suhu lingkungan, kondisi cuaca, ketersediaan air, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah. Selain itu, sistem ini memungkinkan pengendalian otomatis atau manual pompa air melalui situs *website*.

METODE PENELITIAN

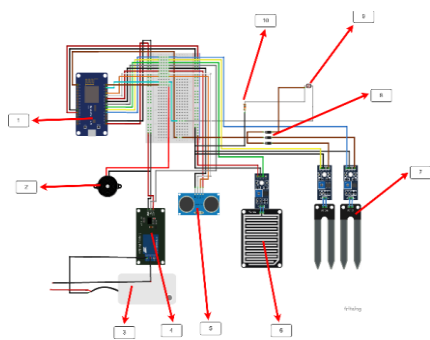


Gambar 1. Prototipe Rangkaian Sistem

Gambar 1 adalah desain dari prototipe sistem yang dibuat, dengan penjelasan komponen yang terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Penjelasan Rangkaian Prototipe

No	Nama Komponen	Fungsi Komponen
1	Filter Serabut	Menyaring Kotoran dari tanah maupun luar
2	Pipa Paralon 4 Inci	Penyanggah sekaligus tiang penahan pot
3	Box Modul	Meletakkan modul mikrokontroler dan modul lainnya
4	Penampungan Air	Menyimpan penyimpanan air
5	Selang	Menyalurkan air dari pompa ke dop pipa atas
6	Pot tanaman	Meletakkan tanaman
7	Sensor Soil YL-69	Mengukur kelembapan tanah
8	Sensor LDR	Mengukur cahaya sekitar
9	Sensor hujan	Mengetahui kondisi hujan
10	Pompa air DC	Memompa air ke selang
11	Dop Pipa lubang	Menyebarkan air dari selang untuk menetes pot



Gambar 2. Rangkaian Sistem

Gambar 2 merupakan komponen yang terdapat pada sistem penyiraman, nama-nama komponen terlampir pada tabel 2, dimana semua komponen tersebut terhubung ke ESP-8266 dan akan dikirim nilainya melalui jaringan WI-FI ke server melalui protokol *websocket*. Untuk melakukan penggunaan *fuzzy* maka nilai sensor akan diproses di mikrokontroler dan jika sesuai maka akan langsung mendapatkan keluaran.

Tabel 2. Penjelasan Komponen Sistem

No	Nama Komponen
1	Mikrokontroler ESP 8266
2	Buzzer Pasif
3	Pompa Air DC
4	Relay 1 Channel
5	Sensor HC-SR04
6	Sensor Hujan
7	Sensor Kelembapan Y1-69
8	Dioda IN4007
9	Sensor LDR
10	Resistor 10K Ohm

Cara kerja dari perangkat sistem adalah sensor *soil* dan *dioda* digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, apakah tanah kering, sedang atau basah. Kemudian penggunaan mikrokontroler ESP 8266 digunakan untuk kontroler dimana *input* (sesor kelembaban tanah, sensor LDR, sensor *ultrasonic* dan sensor hujan) mempengaruhi keluaran yaitu keluaran air dari pompa. Sensor *rain drop* untuk memastikan ada tidaknya hujan di sekitar sistem dan sensor LDR untuk memastikan cuaca di seskitar sistem sedang terang (panas) atau tidak, untuk memastikan tidak terjadinya penyiraman pada saat cuaca panas. Sensor *ultrasonic* digunakan untuk mengendalikan air di dalam media penyimpanan agar tidak meluap melebihi tampungan air. *Relay* digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa dan *buzzer* digunakan untuk memberikan signal

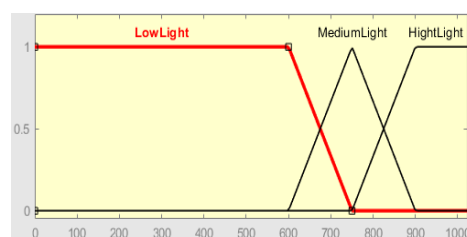
bahwa sistem terhubung ke internet dengan memberikan signal “bip”.

Penggunaan metode pada penelitian ini adalah metode *fuzzy* dengan konsep *mamdani* dimana penerapan dengan konsep ini menggunakan penyelesaian yang terdiri dari penentuan fungsi keanggotaan variabel masukan dan variabel keluaran. Pada penerapan metode *fuzzy* *mamdani* dibagi menjadi 3 bagian yaitu *fuzzifikasi*, *inferensi*, dan *defuzzifikasi* (Rahman & Yanti, 2023). Himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam metode ini adalah *trapmf* dan *defuzzifikasi* dalam bentuk *centroid* yaitu mencari titik tengah atau pusat dari daerah *fuzzy*.

Pada tahap *fuzzifikasi* maka ditentukan keanggotaan masukan maupun keluaran dan menginisialisasi kondisi himpunan dari kedua keanggotaan tersebut. Untuk keanggotaan *fuzzy* masukan terdapat dua himpunan *fuzzy* masukan yaitu himpunan *fuzzy* cahaya dan himpunan *fuzzy* kelembapan tanah. Himpunan *fuzzy* cahaya terdapat 3 kondisi untuk menentukan cahaya redup (*lowlight*), sedang (*mediumlight*) dan terang (*highlight*). Nilai dari himpunan ini adalah 0 sampai dengan 1024 dimana 0 adalah titik teredup dan 1024 adalah titik terterang. Grafik dan tabel himpunan *fuzzy* LDR dapat dilihat pada gambar 3 dan tabel 3.

Tabel 3. Himpunan Fuzzy LDR

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
LDR	<i>LowLight</i>	0 – 600
	<i>MediumLight</i>	750
	<i>HighLight</i>	900 – 1024



Gambar 3. Himpunan Fuzzy LDR

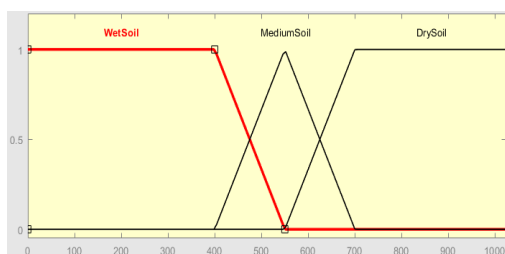
Himpunan *fuzzy* kelembapan tanah dibagi menjadi 3 kondisi yaitu basah (*wetsoil*), sedang (*mediumsoil*), dan kering (*drysoil*). Nilai yang dihasilkan dari himpunan ini adalah 0 – 1024 dimana 0 adalah titik terbasah dan 1024 adalah titik terkering. Dikarenakan kelembapan yang optimal adalah 50% - 70% maka untuk mendapatkan 1% dari nilai sensor ini digunakan rumus persamaan 1.

$$1\% = \frac{\text{MaxValueSensor}}{100} \quad (1)$$

Maka, didapatkan 1% dari nilai sensor ini adalah 10,24. Untuk gambar dan tabel dari himpunan *fuzzy soil* dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 4.

Tabel 4. Himpunan Fuzzy Soil

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
Soil	WetSoil	0 – 400
	MediumSoil	550
	DrySoil	700 – 1024

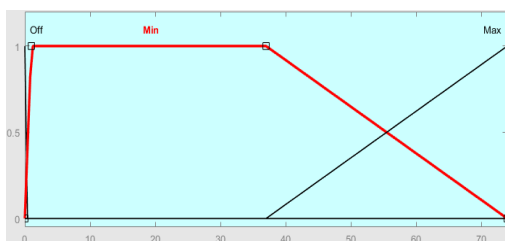


Gambar 4. Himpunan Fuzzy Soil

Untuk kanggotaan *fuzzy* keluaran hanya terdapat satu himpunan *fuzzy* keluaran yaitu pompa air. Himpunan *fuzzy* pompa air terdapat 3 kondisi yang digunakan, yaitu *off*, *min*, dan *max* dimana nilai dari himpunan fuzzy ini adalah dari 0 sampai dengan 74, dimana 0 adalah titik *off* dan 74 adalah titik *max*. Untuk grafik dan tabel pada gambar 5 dan tabel 5.

Tabel 5. Himpunan Fuzzy Pump

Variabel	Himpunan Fuzzy	Nilai
Pump	Off	0
	Min	1 – 37
	Max	38 – 74



Gambar 5. Himpunan Fuzzy Pump

Pada tahap inferensi atau penerapan aturan yang akan digunakan untuk memetakan ruang *input* atau masukan menuju ruang keluaran atau *output*. Aturan-aturan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 9 aturan yang akan menentukan keluaran dari *fuzzy* ini. Pada tabel 6 dapat dilihat aturan-aturan yang digunakan.

Tabel 6. Aturan Fuzzy

No	Input		Output Pump
	Soil	LDR	
1	WetSoil	LowLight	Off
2	WetSoil	Medium Light	Off
3	WetSoil	HighLight	Off
4	MediumSoil	LowLight	Min
5	MediumSoil	Medium Light	Min
6	MediumSoil	HighLight	Off
7	DrySoil	LowLight	Max
8	DrySoil	Medium Light	Max
9	DrySoil	HighLight	Min

Pada Proses Defuzzifikasi dilakukan untuk mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp*) berdasarkan fungsi keanggotaannya. Tahap ini menghasilkan sebuah nilai yang berada dalam domain himpunan *fuzzy* tersebut (Rezky et al., 2024). Defuzzifikasi ini akan dihitung menggunakan metode centroid atau *Center of Area* (CoA) yang menggunakan rumus sebag

$$z^* = \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz} \quad (2)$$

Dimana:

z = Defuzzifikasi
 $\int \mu(z)z \, dz$ = Nilai Momen (M)
 $\int \mu(z) \, dz$ = Nilai Luas (A)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil rancangan prototipe sistem maka didapatkan hasil jadi dari sistem alat yang digunakan keseluruhan pada gambar 6.



Gambar 6. Prototipe Sistem

Pada gambar 7 adalah *box modul* yang berisi mikrokontroler dan komponen lainnya yang terhubung dengan mikrokontroler.



Gambar 7. Box Modul

Sensor *soil moisture* YL-69 mengukur kelembapan tanah dan juga sebagai parameter nilai masukan himpunan *fuzzy*. Sistem ini menggunakan 2 sensor kelembapan tanah yang terletak pada pot atas dan pot bawah, maka untuk memasukkan nilai ke dalam himpunan *fuzzy*, digunakanlah rata-rata dari kedua hasil nilai sensor kelembapan tanah. Untuk pengujian ini dilakukan selama 24 jam dengan *interval* penyimpanan nilai adalah 2 jam yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil nilai sensor kelembapan tanah

Waktu	Nilai Sensor Kelembapan Atas	Nilai Sensor Kelembapan Bawah
01:59	329	460
03:59	329	466
05:59	313	312
07:59	309	300
09:59	301	285
11:59	291	286
13:59	289	293
15:59	296	297
17:59	297	304
19:59	302	315
21:59	304	320
23:59	291	282

Rain sensor digunakan untuk mengetahui kondisi cuaca hujan di sekitar alat. Terdapat dua nilai keluaran dari sensor ini yaitu *true* dan *false*. Jika bernilai *true* adalah cuaca sedang hujan sedangkan jika *false* adalah cuaca tidak hujan. Pengujian sensor ini dilakukan selama 24 jam dengan interval waktu penyimpanan adalah 2 jam yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Nilai Sensor Hujan

Waktu	Nilai Sensor Hujan
01:59	<i>False</i>
03:59	<i>False</i>
05:59	<i>False</i>
07:59	<i>False</i>
09:59	<i>False</i>
11:59	<i>False</i>
13:59	<i>False</i>
15:59	<i>False</i>
17:59	<i>False</i>
19:59	<i>False</i>
21:59	<i>False</i>
23:59	<i>False</i>

Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) ini digunakan untuk mengetahui intensitas dari cahaya dan juga sebagai parameter nilai masukan himpunan *fuzzy*. Untuk pengujian dilakukan selama 24 jam dengan interval penyimpanan nilai adalah 2 jam yang dapat di lihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Nilai Sensor LDR

Waktu	Nilai Sensor LDR
01:59	0
03:59	1
05:59	285
07:59	819
09:59	895
11:59	890
13:59	940
15:59	888
17:59	62
19:59	3
21:59	2
23:59	1

Tabel 10. Hasil Nilai Sensor Ultrasonik

Waktu	Nilai Sensor Hujan
01:59	68
03:59	68
05:59	64
07:59	64
09:59	64
11:59	64
13:59	62
15:59	64
17:59	64
19:59	64
21:59	64
23:59	68

Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air pada penampungan, nilai yang dikeluarkan pada sensor ini adalah nilai persentase dari angka 0 sampai dengan

100. Pengujian yang dilakukan pada sensor ini selama 24 jam dengan *interval* penyimpanan adalah 2 jam yang dapat dilihat pada tabel 10.

Modul *relay* ini digunakan sebagai saklar untuk menghubungkan dan memutuskan aliran listrik pada pompa air. Lama hidup pompa tergantung pada hasil keluaran dari *fuzzy* ataupun dapat dilakukan secara manual dengan lama waktu 74 detik. Pengujian pompa sama seperti sensor sebelumnya yaitu dilakukan selama 24 jam dengan *interval* penyimpanan 2 jam yang dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil nilai *relay* dan lama pompa menyala

Waktu	Lama Nyala Pompa	Nilai Pada Relay
01:59	0	Mati
03:59	0	Mati
05:00	29	Nyala
05:59	0	Mati
07:59	0	Mati
09:59	0	Mati
11:59	0	Mati
13:59	0	Mati
15:59	0	Mati
17:59	0	Mati
19:59	0	Mati
21:59	0	Mati
22:19	74	Nyala
23:59	0	Mati

Pengujian sistem *fuzzy* dilakukan dengan melihat perbandingan nilai yang dihasilkan dari alat dan juga nilai yang dihasilkan dari program *matlab* di *rule viewer*.

Tabel 12. Pengujian Sistem Fuzzy

Input		Output		Beda
Soil	LDR	Matlab	Alat	
650	512	42.9	42.42	0.48
571	819	32.6	41.31	8.71
309	888	0	0	0

Dari tabel 12 diketahui bahwa rata rata perbedaan yang didapatkan dari kedua perhitungan tersebut adalah 3.063

Pada pengujian *monitoring* dilakukan untuk mengetahui bahwa situs *website* yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik dan sesuai harapan. Pengujian dilakukan menggunakan *browser* pada komputer dan *smartphone* dimana kedua perangkat ini akan masuk ke halaman *device detail*. Maka, dapat diperoleh hasil pengujian ini pada tabel 13.

Tabel 13. Pengujian Sistem *Monitoring*

No	Pengujian	Keberhasilan	
		Ya	Tidak
1	Cahaya	✓	
2	Kelembaban tanah	✓	
3	Ketersediaan air	✓	
4	Keadaan hujan	✓	

Analisa keberhasilan pertumbuhan dilakukan untuk mengetahui keberhasilan tanaman adalah melakukan pengamatan pada tanaman. Pengamatan yang dilakukan selama 4 hari pada 1 pot dengan hasil pada tabel 14.

Tabel 14. Keberhasilan Pertumbuhan Tanaman

Tanggal	Tinggi Tanaman	Daun	Kuncup
17/07/24	5.3 cm	4	0
18/07/24	5.3 cm	4	1
19/07/24	5.5 cm	4	1
20/07/24	5.6 cm	4	1

Untuk mengukur persentase pertumbuhan tinggi tanaman maka digunakan rumus persamaan 3.

$$Tumbuh\ Tinggi = \left(\frac{Tinggi\ Akhir - Tinggi\ Awal}{Tinggi\ Awal} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Tanggal 17 ke 18: tidak ada pertumbuhan tanaman maka persentase yang didapatkan adalah 0%.

Tanggal 18 ke 19:

$$\begin{aligned} Tumbuh\ Tinggi &= \left(\frac{5.5 - 5.3}{5.3} \right) \times 100\% \\ &= 3,77\% \end{aligned}$$

Tanggal 19 ke 20:

$$\begin{aligned} Tumbuh\ Tinggi &= \left(\frac{5.6 - 5.5}{5.5} \right) \times 100\% \\ &= 1,82\% \end{aligned}$$

Persentase Pertumbuhan Daun

Tanggal 17 ke 18: 0 daun baru dan 1 kuncup

Tanggal 18 ke 19: 0 daun baru

Tanggal 19 ke 20: 0 daun baru

Maka didapatkan Total pertumbuhan kesuburan dengan menghitung rumus persamaan 4.

$$Total\ Kesuburan = \left(\frac{Tumbuh\ Tinggi - Tumbuh\ Daun}{2} \right) \quad (4)$$

Perhitungan dalam per hari adalah sebagai berikut:

Tanggal 17 ke 18:

$$Tumbuh\ Kesuburan = \frac{0\% - 0\%}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0\% \\
 \text{Tanggal 18 ke 19:} \\
 \text{Tumbuh Kesuburan} &= \frac{3.77\% - 0\%}{2} \\
 &= 1.885\% \\
 \text{Tanggal 19 ke 20:} \\
 \text{Tumbuh Kesuburan} &= \frac{1.82\% - 0\%}{2} \\
 &= 0.91\% \\
 \text{Rata-rata total pertumbuhan kesuburan:} \\
 \bar{x} &= \frac{0\% + 1.885\% + 0.91\%}{3} \\
 &= 0.932\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan hasil analisa selama 4 hari pada 1 pot tanaman di alat hasil penelitian dengan hasil rata-rata total kesuburan tanaman adalah 0.932%

Fungsi dari perbandingan penggunaan pompa air dari perangkat hasil penelitian dengan perangkat pada lokasi riset untuk mengukur penggunaan air pada kedua alat tersebut. Tabel 15 dan 16 adalah spesifikasi dari pompa air dan *volume* penampungan air yang digunakan pada kedua alat.

Tabel 15. Spesifikasi Pompa Air

Perbandingan	Lokasi Riset	Penelitian
Kelistrikan	220V AC	12V DC
Daya air per menit	46,6 L	1.6 L
Daya dorong	2.6 M	0.3 M – 1 M

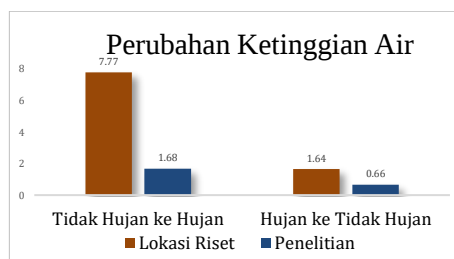
Tabel 16. Spesifikasi Penampungan Air

Lokasi Riset	Penelitian
20 L	8 L

Dari pengamatan yang dilakukan selama 3 hari maka didapatkan hasil pada tabel 17 dan gambar 8.

Tabel 17. Hasil Pengamatan Perbandingan

Tanggal	Tinggi Air		Hujan
	Lokasi Riset	Penelitian	
24/07/24	22.44 cm	15.18 cm	Tidak
25/07/24	30.21 cm	16.86 cm	Ya
26/07/24	28.57 cm	16.20 cm	Tidak



Gambar 8. Grafik Perubahan Ketinggian Air

Untuk menghitung jumlah perbandingan dalam persentase maka digunakan rumus persamaan 5.

$$\text{Perbedaan} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_2} \right) \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:

T_1 = Tinggi air pada perangkat perusahaan

T_2 = Tinggi air pada perangkat penelitian

Dengan perhitungan per hari sebagai berikut:

Tanggal 24 (Tidak Hujan)

$$\begin{aligned}
 \text{Perbedaan} &= \left(\frac{22.4 - 15.18}{15.18} \right) \times 100\% \\
 &= 47.81\%
 \end{aligned}$$

Tanggal 25 (Hujan)

$$\begin{aligned}
 \text{Perbedaan} &= \left(\frac{30.21 - 16.86}{16.86} \right) \times 100\% \\
 &= 79.20\%
 \end{aligned}$$

Tanggal 26 (Tidak Hujan)

$$\begin{aligned}
 \text{Perbedaan} &= \left(\frac{28.57 - 16.2}{16.2} \right) \times 100\% \\
 &= 76.36\%
 \end{aligned}$$

Rata - rata persentase perbedaan

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{47.81\% + 79.20\% + 76.36\%}{3} \\
 &= 67.79\%
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan hasil dari perbedaan perbandingan air dari perangkat lokasi riset dan perangkat penelitian adalah dengan persentase ketinggian dari perangkat lokasi riset lebih tinggi 67.79% dibanding dengan perangkat hasil penelitian.

Dari hasil yang perbandingan yang dilakukan selama 3 hari maka diketahui bahwa efisiensi alat atau perangkat *smart vertical garden* dalam hitungan persentase dapat dihitung dengan cara persamaan 6.

$$\text{Efisiensi} = 100\% - \left(\left(\frac{\text{Perubahan tinggi air}}{\text{Tinggi air awal}} \right) \times 100\% \right) \quad (6)$$

Perubahan tinggi air

Tanggal 24 ke 25

$$16.86 - 15.18 = 1.68$$

Tanggal 25 ke 26

$$16.2 - 16.86 = -0.66$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan tinggi air} &= 1.68 + (-0.66) \\
 &= 1.02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Efisiensi &= 100\% - \left(\left(\frac{1.02}{15.18} \right) \times 100\% \right) \\ &= 93.29\% \end{aligned}$$

Maka dari perhitungan ini didapatkan nilai efisiensi dalam bentuk persentase untuk efisiensi alat hasil penelitian dengan nilai adalah 93.29%.

Pada pengujian keberhasilan perangkat *smart vertical garden* di hari yang telah dilakukan. Maka dapat digunakan rumus persamaan 7 untuk menghitung nilai keberhasilan dari penelitian ini dalam persentase.

$$Keberhasilan = \frac{U_n + B_n + E}{U + B + 1} \quad (7)$$

Dimana:

U_n = Jumlah dari hasil pengujian
 B_n = Jumlah dari hasil perbandingan
 E = Hasil dari efisiensi
 U = Jumlah pengujian
 B = Jumlah perbandingan

Maka didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Keberhasilan &= \frac{(100 + 100 + 100 + 100 +)}{(100 + 100 + 67.79 + 93.29)} \\ &= \frac{761.08}{6 + 1 + 1} \\ &= \frac{761.08}{8} \\ &= 95.13\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka didapatkan keberhasilan yang dicapai dalam penelitian ini adalah 95.13%

KESIMPULAN

Pada kesimpulannya manfaat dari sistem ini adalah untuk mempermudah pekerjaan pemeliharaan sistem vertika garden dengan membuat sistem otomatisasi berbasis IoT yang dapat dimonitor dan di kendalikan secara jarak jauh dengan memanfaatkan berbagai sensor yang saling terintegrasi. Selain itu juga mengefisiensikan pengeluaran air dengan menjaga kelembaban tanah dengan sistem pengairan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mengendalikan pengairan tanaman dan menampilkan data sensor melalui situs *website* dengan tingkat keberhasilan 95,13%. Perbandingan ketinggian air antara alat yang digunakan di perusahaan dan alat hasil penelitian menunjukkan perbedaan sebesar 67,79%.

Efisiensi penggunaan air pada alat hasil penelitian mencapai 93,29%. Selain itu, selama 4 hari, pertumbuhan tanaman di 1 pot mencapai 0,932%.

REFERENSI

- Al Ghifari, F., Anjalni, A., Lestari, D., & Al Faruq, U. (2022). Perancangan Dan Pengujian Sensor LDR Untuk Kendali Lampu Rumah. *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(2), 85–90.
- Alfaatihah, M. S., Permanasari, M. D., Sudrajat, A. G., Kurniatillah, A., Shavira, M. H., & Afiff, D. K. (2022). Modular Vertical Garden Sebagai Solusi Praktis Urban Gardening Institut Teknologi Nasional. *Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 5(3), 207–217.
- Ardyansyah, H., Pradana, R., & Handayani, I. P. (2022). Fuzzy Logic Dalam Sistem Kualitas Air Kolam Betta Splendens Berdasarkan pH dan Suhu. *Jurnal TICOM*, 10(2), 78–86.
- Baharsyah, A. P., & Suriansyah, M. I. (2024). Sistem Penunjang Keputusan Normalisasi Ph Dan Tds Pada Vertical Garden Tanaman Kangkung Dengan Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 2(1), 9–16.
- Bhuvaneswari, P., G, P. M., S, S., R, S., & R, S. (2021). Smart Indoor Vertical Farming Monitoring Using IOT. *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, 27(3), 2021.
- Faridi, Safitri, M., & Riziq Zulfian, M. (2021). Aplikasi Smart Trash Bin Monitoring System Berbasis Internet of Things (IOT). *Jurnal Informatika (JIKA) Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 5(3), 391–399.
- Handayani, I. P., & Pradana, R. (2024). Principal Component Analysis and Regional Coordinates on Face Recognition in Mobile-Based Attendance Systems. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang (JIUP)*, 9(1), 9–13.
- Hou, Y. (2024). Application of intelligent internet of things and interaction design

- in Museum Tour. *Heliyon Journal*, 10(16).
- Kasoni, D., Liesnaningsih, Taufiq, R., & Anwar, M. S. (2023). Prototipe Smart Fish Feeder Berbasis Automated System Untuk Meningkatkan Budaya Ikan Lele. *Jurnal Informatika (JIKA) Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7(1), 54–62.
- Mukhlis, W., Yohandri, Yulkifli, & Mairizwan. (2023). Smart Garden System Based on Internet of Things using NodeMCU ESP8266. *Pillar of Physics: Jurnal Berkala Ilmiah Fisika*, 16(2), 99–108.
- Mursalin, S. B., Sunardi, H., & Zulkifli. (2020). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 11(1), 47–54.
- Nurdiansyah, M., Sinurat, E. C., Bakri, M., Ahmad, I., & Prasetyo, A. B. (2020). Sistem Kendali Rotasi Matahari Pada Panel Surya Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, 1(2), 40–45.
- Pamungkas, R. H. S., & Bella, C. (2021). Sistem Prototype Penyiraman Tanaman Sayur Berbasis Arduino Dengan Sensor Kelembaban Tanah. *Jurnal Portal Data*, 1(3), 1–16.
- Pradana, R. W., Pratiwi, G. F., & Arifin, T. N. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantau Ketinggian Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik (HC-SR04) Berbasis Arduino Uno Dengan Antarmuka Komputer Berbasis Microsoft Visual Basic 6.0. *Jurnal Teknik dan Science*, 3(1), 13–24.
- Prihanto, A., Rachmawati, N., & Prapanca, A. (2021). Smart Garden Automation Dengan Memanfaatkan Teknologi Berbasis Internet of Things (IoT). *Journal of Information Engineering and Educational Technology (JIEET)*, 5(2), 55–60.
- Putra, A. P., Sanjaya, A., & Safitri, M. (2021). Perancangan Tracking Sel Surya Berbasis Arduino. *Jurnal Informatika (JIKA) Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 5(3), 347–356.
- Putra, F. P. E., Muslim, F., Hasanah, N., Holipah, Paradina, R., & Alim, R. (2024). Analisis Komparasi Protokol Websocket dan MQTT Dalam Proses Push Notification. *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, 5(4), 63–72.
- Rabak, A., Uppuluri, K., Franco, F. F., Kumar, N., Georgiev, V. P., Gauchotte-Lindsay, C., Smith, C., Hogg, R. A., & Manjakkal, L. (2023). Sensor System for Precision Agriculture Smart Watering Can. *Results in Engineering*, 19.
- Rahman, M. F., & Yanti, F. (2023). Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimisasi Produksi Mebel Menggunakan Metode Mamdani. *Jurnal Informatika MULTI*, 1(3), 172–182.
- Rezky, B. W., Nirmala, I., & Sari, K. (2024). Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis pada Tanaman Pinang Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Indonesian Journal of Computer Science*, 13(2), 3081–3096.
- Shin, K. K. Y., Ping, T. P., Ling, M. G. B., Chee Jiun, C., & Bolhassan, N. A. B. (2024). SMART GROW – Low-cost Automated Hydroponic System for Urban Farming. *HardwareX*, 17, e00498.
- Simanungkalit, E., Husna, M., Tarigan, J. S., & Suriadi. (2024). Smart Garden on Chili Plants Based on IoT. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 3(4), 46–51.
- Tarigan, J., Al-hud, I. A. A., Bangkit, A., & Umbu, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Berbasis Mikrokontrol Arduino. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 7(2), 57–66.