

Sistem Penyiram Tanaman Paralel Multikarakter dengan Logika Fuzzy Metode Sugeno dan LoRa Ra-02 SX1278 Berbasis IoT

Nenny Anggraini^{1*)}; M Rafi Dinillah¹; Luh Kesuma Wardhani¹; Imam Marzuki Shofi¹;
Nashrul Hakiem¹; Khair Fadhillah¹; Deny Saputra¹

1. Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir H. Juanda No.95, Ciputat, Kec. Ciputat Tim., Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

^{*)}Email: neny.anggraini@uinjkt.ac.id

Received: 06 Juli 2023 | Accepted: 27 September 2023 | Published: 17 November 2023

ABSTRACT

The agribusiness garden of the Faculty of Science and Technology UIN Syarif Hidayatullah is part of the laboratory of the agribusiness study program which has a greenhouse. There are eight lanes of land with different types of plants for each of the two lanes. In managing the plants in the greenhouse, watering the plants is very important, moreover because the weather changes that occur due to climate change make watering the plants complicated, because you have to pay attention to certain factors in the plants. Some of these factors are the size of the plant, the amount of soil, and the type of plant. Apart from these three factors, there is another factor, namely negligence. Negligent actions taken by plant owners such as forgetting to water the plants can cause the plants to dry out and cause the plants to die. In this research, a multi-character parallel plant watering system was created using the LoRa Ra-SX1278 and the Sugeno method based on the Internet of Things fuzzy logic. This system can be monitored using a smartphone via the Telegram application by the plantation supervisor or officer in charge.

Keywords: Fuzzy Sugeno, Internet of Things, LoRa-02 SX1278, Plant Watering, Greenhouse.

ABSTRAK

Kebun agribisnis Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah merupakan bagian dari laboratorium program studi agribisnis yang memiliki greenhouse. Terdapat delapan jalur lahan dengan jenis tanaman yang berbeda-beda tiap dua jalurnya. Dalam mengelola tanaman di greenhouse tersebut, penyiraman tanaman merupakan hal yang sangat penting, terlebih lagi karena perubahan cuaca yang terjadi akibat adanya perubahan iklim membuat penyiraman tanaman menjadi rumit, karena harus memperhatikan faktor-faktor tertentu pada tanaman. Beberapa faktor tersebut adalah besar tanaman, banyaknya tanah, dan tipe tanaman tersebut. Selain ketiga faktor tersebut, terdapat faktor lainnya yaitu kelalai. Tindakan lalai yang dilakukan oleh pemilik tanaman seperti lupa menyiram tanaman dapat menyebabkan tanaman menjadi kering dan menyebabkan tanaman menjadi mati. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem penyiram tanaman paralel multikarakter menggunakan LoRa Ra-SX1278 dan logika fuzzy metode Sugeno berbasis Internet of Things. Sistem ini dapat dipantau menggunakan smartphone melalui aplikasi Telegram oleh pengawas kebun atau petugas yang bertanggung jawab.

Kata kunci: Fuzzy Sugeno, Internet of Things, LoRa-02 SX1278, Penyiram Tanaman, Greenhouse.

1. PENDAHULUAN

Kebun Agribisnis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta merupakan bagian dari laboratorium program studi Agribisnis yang memiliki greenhouse di dalamnya. Kebun tersebut terletak di jalan Puri Intan 4, Pisangan, Tangerang Selatan memiliki luas sebesar 1.760 meter persegi dan luas greenhouse yang berada di dalam kebun tersebut sebesar 8 x 16 meter. Tidak menentunya cuaca yang diakibatkan perubahan iklim menyebabkan masalah penyiraman tanaman yang menjadi rumit pada greenhouse di kebun tersebut. Pada penelitian yang dilakukan oleh [1], disebutkan bahwa selain masalah penyiraman akibat perubahan cuaca yang tidak menentu, jumlah air yang digunakan dalam penyiraman tanaman juga harus diperkirakan sesuai dengan besar tanaman, banyaknya tanah, dan tipe tanaman tersebut. Kelalaian dalam melakukan penyiraman tanaman juga merupakan salah satu masalah yang dihadapi di kebun tersebut, karena jika kelalaian tersebut terjadi maka tanaman akan mengalami kekeringan sehingga dapat menyebabkan kematian pada tanaman.

Pada penelitian sebelumnya [1] sudah dibuat alat penyiram tanaman untuk satu node dua jalur lahan dengan satu karakter yang sama. Sensor yang digunakan pada sistem penyiram tanaman adalah sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor hujan yang kemudian diolah dengan logika fuzzy metode Sugeno melalui Raspberry Pi 3 untuk menentukan waktu penyiraman. Namun di kebun agribisnis UIN Jakarta terdapat empat node dan delapan jalur lahan dengan karakter tanaman yang berbeda di setiap nodenya.

Tanaman yang dipakai pada penelitian ini adalah tanaman berjenis olerikultura (sayuran), terdapat empat tanaman sayuran yang dipakai yaitu pakcoy, bayam, selada, dan bawang kucai. Keempat tanaman ini dipakai karena memiliki karakter karakter yang berbeda – beda (multikarakter), terutama dari karakter kelembaban tanah tempat tumbuh masing – masing tanaman sayuran tersebut. Untuk tanaman pakcoy kelembaban tanaman yang optimal untuk tumbuh yaitu 33 – 67 %, untuk tanaman bayam yaitu 30 – 70 %, untuk tanaman selada yaitu 40 – 60 %, dan untuk tanaman bawang kucai yaitu 30 – 50 %.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [2] dibuat alat penyiraman tanaman otomatis dengan sensor kelembaban tanah, sensor temperatur, sensor ultrasonic, mikrokontroler Arduino & NodeMCU, dan pengendali dari aplikasi Android. Sensor ultrasonic digunakan untuk mendeteksi jumlah air yang ada pada tangki air, jika jumlah air dalam tangki sedikit maka tangki akan diisi dengan air melalui solenoid valve sampai mencapai nilai batas. Sensor kelembaban tanah dan sensor temperatur akan mengambil data dari tanaman, kemudian dengan bantuan dari kedua mikrokontroler tersebut data yang didapatkan dikirim ke database yang telah dibuat untuk ditampilkan ke dalam aplikasi Android yang dibuat. Dalam aplikasi tersebut, nilai batas dari kelembaban dapat diatur dan dikirim kembali ke mikrokontroler untuk melakukan penyiraman otomatis ketika nilai kelembaban berada dibawah nilai yang telah ditetapkan. Terdapat juga penelitian yang dilakukan oleh [3] dimana dibuat sistem pendukung keputusan dengan logika fuzzy untuk alat penyiram tanaman. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa logika fuzzy merupakan metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok bagi embedded system, dan kasus yang diselesaikan oleh logika fuzzy yaitu kasus yang bersifat ketidakpastian dimana salah satu contohnya adalah penyiraman tanaman.

Logika Fuzzy merupakan logika yang digunakan untuk menggambarkan ketidakjelasan. Terdapat tiga metode dari logika fuzzy, yaitu metode Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani dan setiap metode tersebut memiliki mesin inferensi dan defuzzifikasi yang berbeda beda [4]. Metode Sugeno merupakan metode pengambilan keputusan yang menggunakan kriteria tertentu untuk memilih pilihan yang terbaik dari beberapa pilihan. Kriteria biasanya berupa ukuran, aturan atau standar yang

digunakan dalam pengambilan keputusan [5]. Logika fuzzy akan digunakan untuk pengambilan keputusan penyiraman tanaman pada penelitian ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [6] dilakukan perbandingan metode antara ketiga metode dari logika fuzzy, dan didapatkan hasil bahwa metode fuzzy Sugeno memiliki nilai error paling kecil diantara metode logika fuzzy lainnya yaitu sebesar 1,314%. Kemudian hasil penelitian yang didapatkan oleh [7] juga menyatakan bahwa metode Sugeno lebih baik daripada metode logika fuzzy lainnya dengan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebesar 7,45%. Oleh karena itu, berdasarkan hasil dari kedua penelitian tersebut, studi ini akan menggunakan fuzzy metode Sugeno.

LoRa atau singkatan dari Long Range adalah sebagai teknologi nirkabel atau wireless yang digunakan untuk membuat link komunikasi jarak jauh. Seperti pada umumnya teknologi nirkabel lama yang masih menggunakan modulasi frequency shift keying (FSK) sebagai lapisan fisik karena merupakan modulasi yang sangat efisien untuk mencapai daya rendah, LoRa menggunakan modulasi chirp spread spectrum, yang mempertahankan karakteristik Low Power yang sama dengan modulasi FSK, tetapi secara signifikan meningkatkan jangkauan komunikasi, seperti yang diketahui jangkauan komunikasi LoRa mencapai hingga 10 kilometer. Sehingga komunikasi antara sebuah stasiun gateway dapat dilakukan hanya dengan satu jangkauan saja. Dan jangkauannya pula juga sangat tergantung pada lingkungan atau penghalang di lokasi tersebut [8].

Dari hasil analisis dan studi pustaka/literatur yang telah dilakukan maka usulan solusi berdasarkan masalah yang ada adalah sebuah sistem penyiram tanaman paralel multikarakter menggunakan logika fuzzy metode Sugeno dengan teknologi IoT dan LORA Ra02- SX1278. Sistem yang dibangun dapat dimonitor menggunakan aplikasi Telegram sehingga pegawai yang bertanggung jawab untuk mengawasi taman mendapatkan informasi detail tentang penyiraman tanaman tersebut.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Metode Pengumpulan Data

Tanaman yang dijadikan objek penyiraman adalah tanaman pakcoy, bayam, selada, dan bawang kucai. Untuk keperluan penyiraman, sistem diberikan pengetahuan syarat tumbuh ideal bagi keempat tanaman tersebut, sehingga penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan dari masing-masing tanaman. Syarat tumbuh yang akan dijadikan input adalah: kelembaban tanah, curah hujan dan suhu dari masing-masing tanaman [9],[10],[11],[12].

2.2. Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode prototipe, yang terdiri dari tahap:

1. Komunikasi

Paradigma prototyping dimulai dengan komunikasi dengan cara mengumpulkan informasi mengenai penelitian yang akan dilakukan melalui berita online, laporan lembaga ataupun jtnal tentang sistem penyiram tanaman otomatis, yang akan menjadi pertimbangan dalam menentukan komponen, alat, dan teori yang akan digunakan. pengamatan langsung terhadap kebun pertanian kemudian diserahkan kepada tim peneliti untuk menentukan perencanaan.

2. Perencanaan Cepat

Pada tahap perencanaan, kebutuhan yang diperoleh dari tahap sebelumnya dianalisis. Perencanaan meliputi analisis metode, algoritma, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Analisis yang akan dilakukan pada tahap ini meliputi analisis konstruksi

pada perkebunan pertanian, analisis sistem berjalan, analisis sistem usulan, analisis fungsional sistem, serta analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak.

Pada tahap ini ditentukan bahwa penelitian akan menggunakan sistem Raspberry Pi 3 model B+ untuk mesin penyiram tanaman dan Raspberry Pi 4 model B untuk server. Dipilihnya Raspberry Pi dikarenakan studi literatur yang sudah ada didapatkan bahwa sistem ini dapat dilakukan di Raspberry Pi, versi 3 model B+ dan versi 4 model B dipilih karena merupakan versi upgrade dari raspberry pi 3 model B yang tentu saja sudah mengalami peningkatan terutama di kemampuan komputasi dibanding raspberry pi 3 model B dan raspberry pi 4 model B merupakan versi terbaru dimana akan lebih handal untuk menampung data dari semua mesin penyiram tanaman.

MCP3008 juga digunakan didalam penelitian ini dikarenakan sinyal analog pada sensor kelembaban tanah dan sensor hujan harus diubah menjadi sinyal digital agar dapat diterima oleh raspberry pi dan dapat dihitung menggunakan algoritma fuzzy logic.

Penggunaan sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor hujan sebagai input diperlukan untuk sistem ini. Data dari ketiga sensor ini akan dikalkulasikan untuk menentukan apakah penyiraman perlu dilakukan atau tidak menggunakan fuzzy logic.

Fuzzy logic dipilih sebagai algoritma pengambil keputusan karena fuzzy logic memiliki cara kerja yang sama seperti pemikiran manusia untuk mengambil keputusan sehingga penyiraman menjadi lebih akurat. Metode sugeno dipilih karena berdasarkan studi literatur, metode sugeno juga memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dari metode mamdani atau Tsukamoto.

3. Pemodelan Cepat

Pada tahap ini, penulis membuat model skematik sistem yang menghubungkan semua sensor dan aktuator. Pembuatan ini dimulai dengan merancang kemas, pembuatan skematik dengan sensor kelembaban tanah, pembuatan skematik dengan sensor suhu, pembuatan skematik dengan sensor hujan, dan terakhir pembuatan skematik dengan relay dan valve solenoid.

4. Konstruksi

Pada tahap ini dilakukan konstruksi empat mesin penyiram tanaman dengan menggunakan Raspberry Pi 3 yang akan disambungkan dengan sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor hujan dan akan dihubungkan dengan valve solenoid untuk buka tutup keran air, serta server untuk menampung data dari masing-masing mesin penyiram tanaman menggunakan raspberry pi 4. Pada tahap ini juga dibuat fuzzy logic dengan ketiga parameter sensor untuk diterapkan kedalam sistem. Hasil grafik dari fuzzy logic juga akan dilihat untuk mengetahui detail nilai output fuzzy.

5. Evaluasi

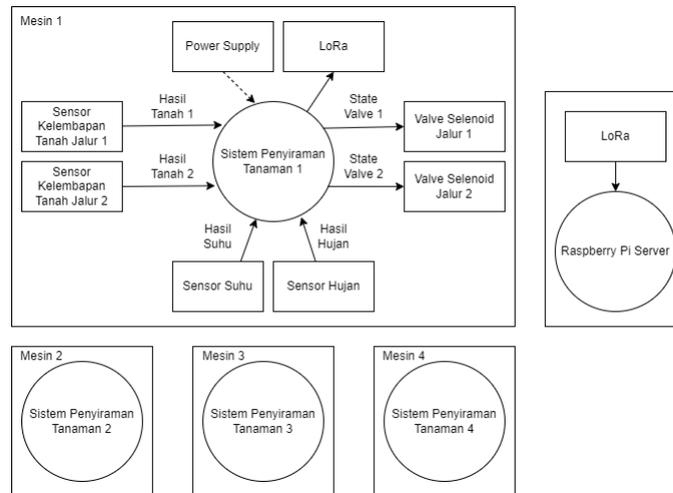
Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan menggunakan black box testing yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara fuzzy logic dan fungsionalitas sistem. Pengujian black box yang digunakan adalah pengujian logika fuzzy dan pengujian output valve.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kebutuhan Fungsional Sistem

Pada Analisis kebutuhan Fungsional sistem dilakukan dengan menggambar Data flow diagram untuk memahami alur data dan flowchart untuk mengetahui keseluruhan fungsional sehingga peneliti dapat lebih mudah memahami akan sistem yang akan berjalan secara lebih terperinci, yang akan

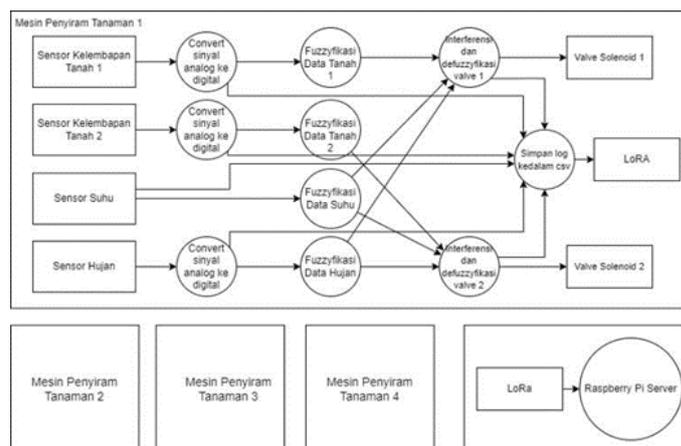
mempermudah dalam proses pembangunan sistem nantinya, berikut gambaran dari sistem yang akan dibentuk.



Gambar 1. Skema Data Masukan Sistem

Pada Gambar 1 menunjukkan data – data yang masuk ke dalam proses sistem penyiraman tanaman pada Raspberry Pi, terdapat empat mesin penyiraman tanaman (empat mesin raspberry pi), dan untuk tiap mesinnya memiliki empat input eksternal yaitu kelembapan tanah 1, sensor kelembapan tanah 2, sensor suhu, dan sensor hujan. Setelah sistem mendapatkan data, data tersebut diolah hingga menghasilkan data output menuju valve solenoid 1, dan valve solenoid 2. Setelah data dikumpulkan, tiap mesin akan mengirimkan datanya ke raspberry pi server untuk disatukan melalui LoRa yang kemudian akan diteruskan kembali ke aplikasi telegram untuk melakukan monitoring melalui *smartphone*.

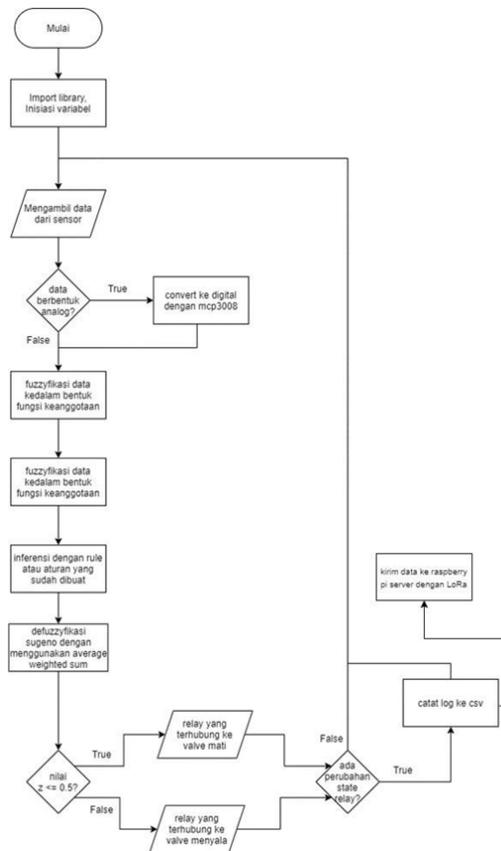
Kemudian data flow diagram level 1 dibuat untuk menggambarkan perpindahan data yang terjadi antar komponen secara detail, dan proses-proses yang dilakukan terhadap data- data yang terbentuk, dari data flow diagram level 1 dapat dilihat macam-macam fungsionalitas alat.



Gambar 2. Data Flow

Untuk menggambarkan sistem saat sedang berjalan maka digunakan flowchart. Terdapat empat buah mesin penyiraman tanaman yang memiliki proses yang sama, flowchart berikut menggambarkan cara kerja pada satu mesin untuk satu buah jalur dimana jalur lainnya memiliki flowchart yang sama. Untuk menghitung fuzzy satu buah jalur dibutuhkan satu buah sensor

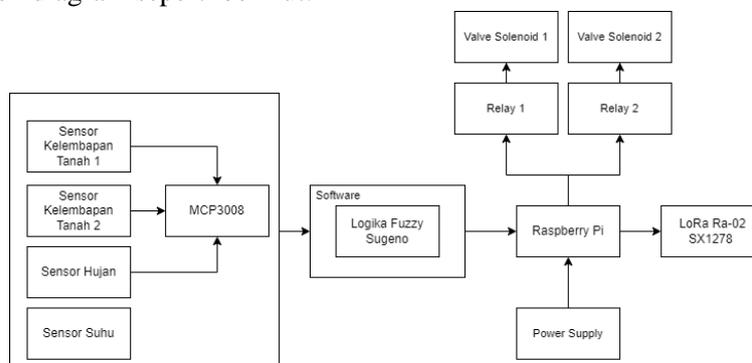
kelembaban tanah yang terhubung ke salah satu tanaman di jalur tersebut, sensor suhu, dan sensor hujan. Untuk satu buah sensor suhu dan sensor hujan dapat digunakan untuk semua jalur sehingga tidak diperlukan adanya sensor suhu dan hujan lainnya, karena sensor tersebut bersifat area. Kemudian data yang telah tersimpan pada tiap mesin akan diteruskan ke raspberry pi server untuk disatukan dan dilakukan monitoring dengan aplikasi telegram.



Gambar 3. Flowchart Sistem

3.2. Analisis Pemodelan Cepat

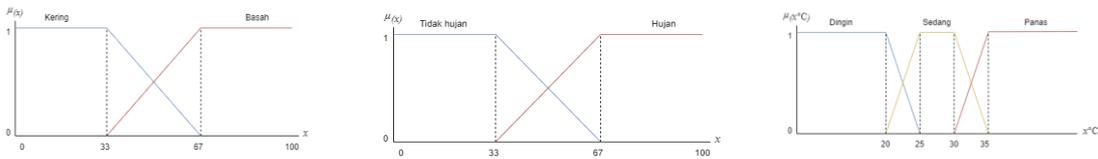
Setelah menyelesaikan perencanaan berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah membentuk sebuah model sebelum melakukan implementasi. Pemodelan dibuat menggunakan blok diagram seperti berikut:



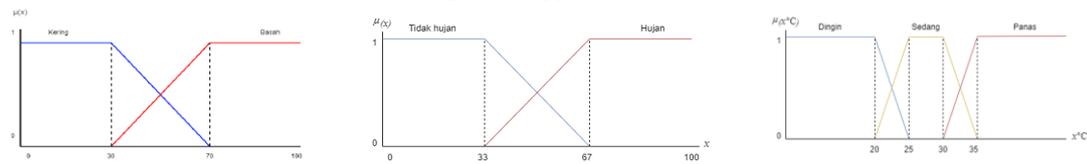
Gambar 4. Blok Diagram Sensor yang Digunakan

Sistem ini memiliki empat mesin penyiraman tanaman, pada satu mesin memiliki input dari tiga macam sensor, yaitu sensor kelembaban tanah, sensor hujan, dan sensor suhu. Sensor kelembaban tanah yang digunakan berjumlah dua, dan digunakan untuk mencari nilai kelembaban tanah pada tiap jalurnya. Sensor kelembaban tanah dan sensor hujan terhubung ke MCP3008 karena output dari sensor tersebut berupa sinyal analog sehingga harus diubah terlebih dahulu ke digital agar dapat dibaca oleh raspberry pi. Sensor suhu mengeluarkan output berupa sinyal digital sehingga dapat langsung dipasang ke raspberry pi. Hasil dari sensor tersebut kemudian diproses oleh fuzzy logic menggunakan inferensi sugeno.

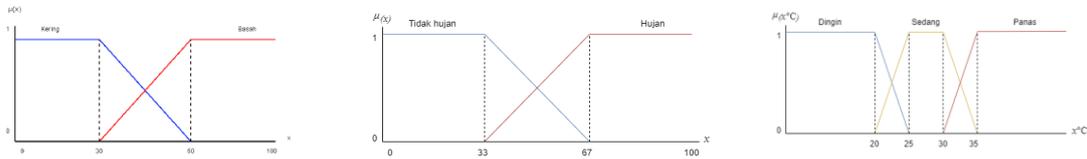
Fungsi keanggotaan Fuzzy Sugeno yang merepresentasikan kelembaban, keadaan hujan/tidak hujan dan suhu pada tanaman pakcoy, bayam, selada, dan bawang kucai dapat dilihat pada Gambar 5 hingga Gambar 8.



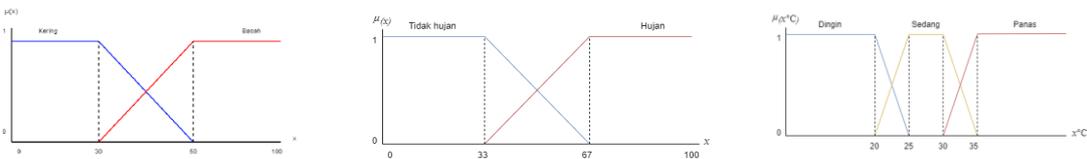
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Tanaman Pakcoy



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Tanaman Bayam



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Tanaman Selada



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Tanaman Bawang Kucai

Aturan yang digunakan dalam sistem penyiraman yang dirancang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Aturan Fuzzy yang Digunakan

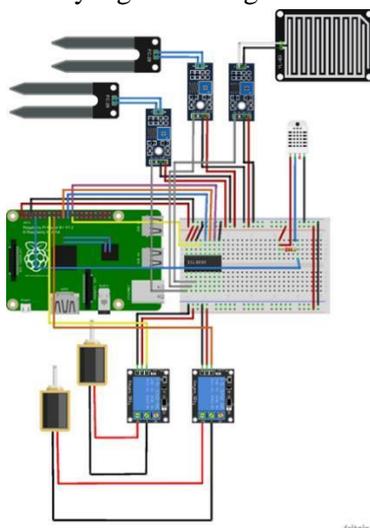
No	Logika	Suhu	Logika	Tanah	Logika	Cuaca	Logika	Output
R1	Jika	Suhu Dingin	Dan	Tanah Kering	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R2	Jika	Suhu Dingin	Dan	Tanah Kering	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R3	Jika	Suhu Dingin	Dan	Tanah	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup

				Basah				
R4	Jika	Suhu Dingin	Dan	Tanah Basah	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R5	Jika	Suhu Sedang	Dan	Tanah Kering	Dan	Tidak Hujan	Maka	Buka
R6	Jika	Suhu Sedang	Dan	Tanah Kering	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R7	Jika	Suhu Sedang	Dan	Tanah Basah	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R8	Jika	Suhu Sedang	Dan	Basah	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R9	Jika	Suhu Panas	Dan	Tanah Kering	Dan	Tidak Hujan	Maka	Buka
R10	Jika	Suhu Panas	Dan	Tanah Kering	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R11	Jika	Suhu Panas	Dan	Tanah Basah	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R12	Jika	Suhu Panas	Dan	Tanah Basah	Dan	Hujan	Maka	Tutup

Perhitungan fuzzy dilakukan dua kali dalam satu siklus karena setiap perhitungan fuzzy dikaitkan dengan masing-masing relay. Untuk relay pertama, fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembaban tanah satu, sensor suhu, dan sensor hujan sedangkan untuk relay kedua fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembaban tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Ketika hasil fuzzy menentukan bahwa relay akan dibuka, maka valve yang terhubung dengan relay tersebut akan terbuka dan tanaman akan tersiram. Power supply juga harus terhubung ke raspberry pi agar alat tersebut dapat tetap menyala. Daya dari valve terhubung ke adaptor dua belas volt dua ampere yang akan diatur tegangan listriknya oleh relay. Data sensor dari tiap mesin penyiraman tanaman akan dikirimkan ke raspberry pi server dengan LoRa untuk dikumpulkan dan dikirimkan lagi ke aplikasi telegram melalui internet untuk dilakukan monitoring.

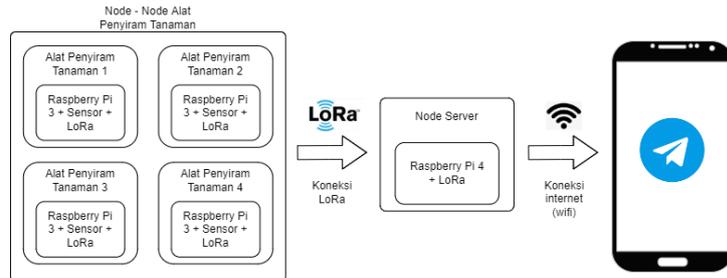
3.3. Skematik Rangkaian Alat Penyiram Tanaman Otomatis

Skematik ini merupakan detail dari keseluruhan rangkaian salah satu mesin penyiram tanaman yang digunakan serta semua jalur kabel yang terhubung.



Gambar 9. Skematik Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan Raspberry Pi 3

Setelah seluruh pin dihubungkan, kemudian dilakukan packaging untuk perangkat utama dan perangkat pendukung, perangkat utama dari raspberry pi 3, breadboard, dan relay diletakkan di dalam *project box* dan dipasang di dekat sumber listrik. Dan perangkat pendukung berupa sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor hujan akan diletakkan diluar dari *project box*. Sensor kelembaban tanah akan dipasang di salah satu tanaman dan ditancapkan ke dalam tanah pada masing – masing jalurnya. Sensor suhu akan dipasang didepan box dari alat. Dan sensor hujan akan dipasang ditempat dimana dapat tersiram air hujan atau air yang turun dari atas. Berikut adalah tampilan alat yang telah dirangkai.



Gambar 10. Skematik Sistem Penyiraman dengan *Interface* Telegram

3.4. Evaluasi

Setelah tahap pengkodean selesai dilanjutkan dengan pengujian terhadap hasil implementasi sistem. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian black box yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara masukan semua sensor dengan output penyiraman. Input tanah dibagi menjadi dua kategori, yaitu kering dan basah. Input hujan dibagi menjadi dua kategori yaitu tidak hujan dan hujan. Input suhu dibagi menjadi tiga kondisi yaitu dingin, sedang, panas. Keterbatasan kelas input ini disajikan pada Bagian 3.2. Masukan tersebut dicocokkan terhadap tabel aturan fuzzy (Tabel 1) untuk menentukan nilai keluaran yang diharapkan. Hasil dari hasil pengujian didapatkan pada saat alat pengujian sedang berjalan.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Tanaman Pakcoy

Uji Ke	Data Uji			Output yang Diharapkan	Output Hasil Uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	4.3% (Tanah Kering)	28.3°C (Suhu Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
2	24.7% (Tanah Kering)	29.1°C (Suhu Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
3	24.0% (Tanah Kering)	28.3°C (Suhu Sedang)	52.9% (Hujan)	Off	Off	Sesuai
4	54.9% (Tanah Basah)	29.7°C (Suhu Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	Off	Off	Sesuai
5	41.7%	28.4°C	7.4%	On	On	Sesuai

	(Tanah Kering)	(Suhu Sedang)	(Tidak Hujan)			
--	----------------	---------------	---------------	--	--	--

Tabel 3. Hasil Evaluasi Tanaman Bayam

Uji ke	Data Uji			Output yang Diharapkan	Output Hasil Uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	43.2% (Tanah Kering)	28.3°C (Suhu Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
2	32.9% (Tanah Kering)	29.1°C (Suhu Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	Off	Off	Sesuai
3	31.2% (Tanah Kering)	28.3°C (Suhu Sedang)	52.9% (Hujan)	Off	Off	Sesuai
4	28.7% (Tanah Kering)	29.7°C (Suhu Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
5	56.5% (Tanah Basah)	28.4°C (Suhu Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	Off	Off	Sesuai

Tabel 4. Hasil Evaluasi Tanaman Seledri

Uji ke	Data Uji			Output yang Diharapkan	Output Hasil Uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	52.3% (Tanah Basah)	28.3°C (Suhu Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	Off	Off	Sesuai
2	37.6% (Tanah Kering)	29.1°C (Suhu Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
3	35.9 % (Tanah Kering)	28.3°C (Suhu Sedang)	52.9% (Hujan)	Off	Off	Sesuai
4	25.8% (Tanah Kering)	29.7°C (Suhu Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
5	48.4% (Tanah Kering)	28.4°C (Suhu Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai

Tabel 5. Hasil Evaluasi Tanaman Bawang Kucai

Uji ke	Data Uji			Output yang Diharapkan	Output Hasil Uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			

1	42.6% (Tanah Basah)	28.3°C (Suhu Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	Off	Off	Sesuai
2	27.8% (Tanah Kering)	29.1°C (Suhu Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
3	30.7 % (Tanah Kering)	28.3°C (Suhu Sedang)	52.9% (Hujan)	Off	Off	Sesuai
4	37.0% (Tanah Kering)	29.7°C (Suhu Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai
5	34.9% (Tanah Kering)	28.4°C (Suhu Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	On	On	Sesuai

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dibangun sebuah sistem penyiram tanaman paralel multikarakter dengan menerapkan algoritma fuzzy Sugeno, dimana perangkat penyiram dibangun menggunakan dua sensor kelembaban tanah, sensor hujan, dan sensor suhu pada setiap mesinnya. Perangkat penyiram ini akan bekerja secara otomatis, dalam hal ini menyalakan keran air dan mematikan keran air, ketika beberapa kondisi sudah terpenuhi.

Berdasarkan hasil pengujian white box dan black box testing yang digunakan pada pengujian output algoritma fuzzy sugeno dan pengujian output keluaran valve. Seluruh pengujian yang dilakukan berhasil tervalidasi secara baris kode dan telah sesuai dengan output dari valve. Berdasarkan hasil pengujian dapat dikatakan bahwa alat ini telah sesuai dengan yang dibutuhkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Negeri Jakarta dan Pusat Penelitian dan Penerbitan LP2M Universitas Islam Negeri Jakarta yang telah memberi dukungan dalam pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. N. Anggraini, K. Del Vieri, L. K. Wardhani, A. C. Wardhana, and D. Saputra, "Sistem Pintar Penyiram Tanaman Menggunakan Teknologi IoT dan Fuzzy Inference System dalam Rangka Mewujudkan Green Campus di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 888–895, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i2.2227.
- [2]. P. Jariyayothin, K. Jeravong-Aram, N. Ratanachaijaroen, T. Tantidham, and P. Intakot, "IoT Backyard: Smart watering control system," *Proceeding 2018 7th ICT Int. Student Proj. Conf. ICT-ISPC 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICT-ISPC.2018.8523856.
- [3]. M. Setiani Asih, "Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis," *J. Sist. Inf.*, vol. 5341, no. April, p. 1, 2018.
- [4]. M. Irfan, L. P. Ayuningtias, and J. Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, vol. 10,

- no. 1, pp. 9–16, 2018, doi: 10.15408/jti.v10i1.6810.
- [5]. D. Putri, "Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno," *Edik Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 49–59, 2017, doi: 10.22202/ei.2016.v3i1.1517.
- [6]. K. W. Suardika, G. K. Gandhiadi, and L. P. I. Harini, "Perbandingan Metode Tsukamoto, Metode Mamdani Dan Metode Sugeno Untuk Menentukan Produksi Dupa (Studi Kasus: CV. Dewi Bulan)," *E-Jurnal Mat.*, vol. 7, no. 2, p. 180, 2018, doi: 10.24843/mtk.2018.v07.i02.p201.
- [7]. S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Infoman's*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.
- [8]. R. Batong, P. Murdiyat, and A. H. Kurniawan, "Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda," *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, p. 55, 2020, doi: 10.46964/poligrid.v1i2.602.
- [9]. Y. Rahmatullah, B. Irawan, and C. Setianingsih, "Deteksi Tinggi Tanaman Hidroponik Pakcoy Menggunakan Pengolahan Citra Morphological High Detection of Hydroponic Plant Pakcoy Using Morphological Image Processing," vol. 7, no. 2, pp. 4617–4623, 2020.
- [10]. N. Sidemen, I. D. N. Raka, and P. B. Udiyana, "Pengaruh Jenis Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus Sp*) Pada Tanah Tegalan Asal Daerah Kubu, Karangasem," *Agrimeta*, vol. 7, no. 13, pp. 31–40, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/90255-ID-pengaruh-jenis-pupuk-organik-terhadap-pe.pdf>.
- [11]. T. Setiawati, E. Karimah, and T. Supriatun, "Aplikasi Pupuk Kotoran Hewan (Kohe) Kambing dan Mulsa Serasah Daun Bambu untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium Graveolens L. var. Secalinum Alef.*)," *J. EduMatSains*, vol. 2, no. 1, pp. 29–42, 2017.
- [12]. L. Meltin, "BUDIDAYA TANAMAN BAWANG DAUN (*Allium fistulosum L.*) DI KEBUN BENIH HORTIKULTURA (KBH) TAWANGMANGU," 2009.