

Protoype Sistem Penyiram Lahan Perkebunan Kangkung Otomatis Berbasis Internet of Things dengan Logika Fuzzy Sugeno

Ismail Mahfuddin*, Rakmat Kurniawan R, Aidil Halim Lubis

Sains Dan Teknologi, Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ^{1,*}ismailhasibuan1105@gmail.com, ²rakhmat.kr@uinsu.ac.id, ³aidilhalimlubis@uinsu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: ismailhasibuan1105@gmail.com

Submitted: 11/12/2022; Accepted: 26/02/2023; Published: 28/02/2023

Abstrak—Penyiraman merupakan salah satu pekerjaan yang rutin dilakukan dalam pemeliharaan tanaman yang biasanya memunculkan berbagai permasalahan. Salah satunya adalah tidak adanya ukuran kuantitas air yang sama saat melakukan penyiraman akan mengakibatkan tanaman yang dirawat bisa mengalami kelebihan ataupun kekurangan air sehingga menyebabkan tanaman kering ataupun mengalami pembusukan dan mati. Sehingga diperlukan alat yang dapat membantu dalam hal penyiraman tanaman. Alat penyiraman lahan perkebunan kangkung otomatis berbasis internet of things diharapkan menjadi sebuah sistem untuk membantu petani dalam melakukan penyiraman khususnya pada tanaman kangkung yang dapat mendeteksi kelembapan pada tanah dan suhu di sekitar lahan serta memiliki opsi penjadwalan, otomatis fuzzy dan manual yang dapat dikendalikan melalui aplikasi android yang telah di rancang dan dapat bekerja berdasarkan opsi yang dipilih. Alat ini dibuat menggunakan metode logika fuzzy sugeno karena metode ini cocok digunakan dalam mengambil keputusan untuk mencari nilai kelembapan dan suhu yang berubah-ubah dan kurang pasti. Berdasarkan hasil penelitian rata-rata persentase selisih sensor kelembapan sebesar 0.016 % dan tingkat ketepatan (akurasi) pada rangkaian sensor kelembapan 99.98 % sedangkan selisih persentase pada sensor suhu sebesar 0.02 % dan tingkat ketepatan (akurasi) pada rangkaian sensor suhu LM35 sebesar 99.99 %.

Kata Kunci: Penyiraman; Internet of Things; Mikrokontroler; Logika Fuzzy; Metode Sugeno

Abstract—Watering is one of the jobs that are routinely carried out in plant maintenance which usually causes various problems. One of them is the absence of the same measure of water quantity when watering will result in the plants being treated can experience excess or lack of water, causing the plants to dry out or rot and die. So we need a tool that can help in terms of watering plants. The internet of things-based automatic watering machine for water spinach plantations is expected to be a system to assist farmers in watering especially kale that can detect moisture in the soil and temperature around the land and has scheduling options, automatic fuzzy and manual that can be controlled via the android application. which has been designed and can work based on the selected option. This tool is made using the Sugeno fuzzy logic method because this method is suitable for use in making decisions to find the values of humidity and temperature that fluctuate and are less certain. Based on the results of the study, the average percentage difference in the humidity sensor is 0.016 % and the accuracy (accuracy) on the humidity sensor circuit is 99.98%, while the percentage difference in the temperature sensor is 0.02% and the accuracy (accuracy) on the LM35 temperature sensor circuit is 99.99%.

Keywords: Watering; Internet of Things; Microcontroller; Fuzzy Logic; Sugeno Method

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya sayuran merupakan salah satu jenis tanaman semusim. Pengelolaan sayuran membutuhkan pengelolaan yang baik serta penguasaan (keterampilan) yang tinggi, karena sayuran merupakan salah satu tanaman dengan faktor pendukung yang rapuh. Tanaman sayur sangat dibutuhkan manusia untuk memenuhi vitamin dan mineral dalam tubuh. Kangkung darat (*Ipomea reptans* Poir) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia karena rasanya yang gurih. Tanaman ini termasuk kelompok tanaman semusim berumur pendek dan tidak memerlukan areal yang luas untuk membudidayakannya sehingga memungkinkan dibudidayakan di kota yang pada umumnya lahannya terbatas [1][2]

Kangkung termasuk dalam salah satu sayuran yang populer khususnya di Indonesia. Sayuran ini berasal dari daerah tropis, terutama pada daerah Asia dan Afrika. Pada tanaman kangkung mengandung gizi yang banyak seperti , vitamin A, vitamin B, dan vitamin C. protein, karbohidrat, fosfor, kalsium, zat besi, natrium, posfor, kalium dan lemak. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) pada tahun 2021 rata-rata konsumsi perkapita seminggu (satuan komoditas) berada di tingkat ketiga tertinggi dengan rata-rata 0.084 [3] [4]

Seiring dengan berkembangnya zaman yang semakin pesat perkembangan teknologi sistem kendali cerdas sudah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitasnya di berbagai sektor seperti, pertanian, pendidikan, medis, pertahanan, industri, dan lain sebagainya. Sektor-sektor tersebut ada pada Negara Maju dan Berkembang di dunia. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) triwulan IV pada Tahun 2021 sektor pertanian memberikan 13,28 persen dalam pertumbuhan ekonomi, digerakkan oleh hasil agrikultural yang pada kenyataannya masih belum dapat memberikan hasil agrikultural yang maksimal secara kontinu. Salah satu penyebabnya ialah penggunaan air yang tidak terencana serta terbuangnya air dalam jumlah besar secara sia-sia.

Penyiraman tanaman dideskripsikan sebagai salah satu pekerjaan yang monoton, rutin serta dilakukan secara konvensional yang biasanya memunculkan berbagai permasalahan. Tidak adanya ukuran kuantitas air yang sama saat melakukan penyiraman merupakan salah satu permasalahan yang akan mengakibatkan tanaman yang dirawat bisa mengalami kekurangan ataupun kelebihan air sehingga dapat menyebabkan tanaman kering ataupun mengalami pembusuk dan mati.[5][6]

Kegiatan penyiraman merupakan hal yang penting dalam pemeliharaan tanaman, penyiraman tanaman juga harus dilakukan secara tepat waktu, hal tersebut dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Oleh karena itu dibutuhkan penerapan suatu sistem yang dapat mengatur penyiraman tanaman dalam kondisi yang tepat serta meminimalisir kerja manusia. Suatu sistem otomatis sangatlah memungkinkan dalam melakukan suatu kendali terhadap kegiatan penyiraman yang tepat waktu demi mendukung proses pertumbuhan tanaman [7][8]

Seiring dengan berkembangnya zaman yang semakin canggih banyak teknologi yang dapat mempermudah kerja manusia. Pada tahun 1999 Kevin Ashton mengemukakan IoT berupa tag RFID pada salah satu pemaparannya dalam sebuah seminar Internet of Things dapat dikembangkan dengan media perangkat elektronika yang umum seperti arduino untuk keperluan yang spesifik (khusus). Selain itu juga dapat dikembangkan dengan sistem android. IoT (Internet of Things) didefinisikan sebagai kemampuan dari berbagai device yang dapat saling terhubung serta saling bertukar data melalui jaringan internet. Akes perangkat tersebut terjadi akibat hubungan perangkat dengan perangkat ataupun manusia dengan perangkat dengan memanfaatkan jaringan internet. IoT dapat dikatakan sebagai objek dalam menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah interface antara pengguna dan peralatan itu [9] [10] [11].

Pada penelitian ini IoT digunakan untuk mengontrol alat penyiraman yang rangkaianya menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan chip mikro komputer yang secara fisik berupa sebuah Integrated Circuit (IC). Mikrokontroler biasanya digunakan berupa sistem yang kecil, murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks seperti dalam aplikasi di PC. Mikrokontroler pada prinsipnya merupakan sebuah komputer dengan ukuran kecil yang bisa digunakan untuk melakukan hal-hal bersifat berulang, mengambil keputusan, serta berinteraksi dengan peranti-peranti eksternal lainnya, seperti salah satunya sensor kelembapan yang digunakan untuk mengukur kelembapan pada suatu objek, motor yang digunakan untuk mengontrol gerak pada robot serta penerima GPS untuk memperoleh suatu data posisi kebumihan dari satelit. Mikrokontroler dapat bekerja berdasarkan software (perangkat lunak) program yang telah dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan kemudian ditanamkan didalamnya [12][13]

Sistem fuzzy dideskripsikan sebagai penduga numerik yang dinamis serta terstruktur. Sistem ini mampu untuk mengembangkan suatu sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti. Teori himpunan fuzzy merupakan kerangka matematis yang digunakan untuk mempresentasikan ketidak tepatan, ketidak jelasan, ketidak pastian, kebenaran parsial serta kekurangan informasi [14] [15]

Pada tahun 1985 fuzzy sugeno diperkenalkan pertama kali oleh Takagi-Sugeno Kang Sehingga metode dinamakan sebagai metode TSK (Takagi-Sugeno Kang). Logika fuzzy sugeno dideskripsikan sebagai suatu logika yang digunakan saat proses defuzzyfikasi untuk menghasilkan keputusan tunggal (crisp), dengan urutan prosesnya diawali dari tahap fuzzyfikasi, penerapan rule, defuzzyfikasi selanjutnya keluaran (output). Fuzzy sugeno memiliki persamaan bentuk dengan metode fuzzy mamdani hanya saja terdapat perbedaan pada keluaran (output) [16] [17]

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan Wulandari [18] dalam sebuah karya ilmiah dengan judul Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things Pada Tanaman Hias Sirih Gading. Dalam penelitian tersebut menggunakan sensor LM35 sebagai alat ukur melakukan penyiraman tanaman dan menggunakan bot telegram sebagai aplikasi monitoring penyiraman tanaman.

Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Ramadhan [6] dalam sebuah karya ilmiah dengan judul Perancangan Purwarupa Alat Penyiraman Otomatis pada Tanaman Pisang dengan Internet of Things (IoT). Penelitian dilakukan dengan menggunakan sensor kelembapan tanah yang dihubungkan dengan arduino uno sebagai pengendali sensor. Peneliti menggunakan aplikasi Push Notification PushBullet untuk mengirimkan data ke user setiap 30 detik sekali.

Selain itu juga pada penelitian yang dilakukan Setiani Asih [8] dengan judul Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis. Dalam penelitian ini menggunakan sensor kelembapan sebagai alat ukur kelembapan pada tanah. Penelitian ini menggunakan solenoid valve (keran otomatis) sebagai pengatur aliran air.

Penelitian lain yang dilakukan Mursalin [19] dalam sebuah karya ilmiah yang berjudul Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Logika Fuzzy. dalam penelitian ini menggunakan sensor kelembapan tanah. Penyiraman berdasarkan kelembapan pada tanah, dimana pada kondisi tanah kering dengan nilai 3,21% maka waktu penyiraman dilakukan dalam durasi lama yang telah ditentukan, dan jika kondisi tana memiliki nilai 50,19 % maka proses yang dilakukan yaitu pompa tidak akan menyala. Pada penelitian ini logika Fuzzy berfungsi dengan baik.

Pada penelitian lain yang dilakukan Novianto pada tahun 2020 [7] dalam karya ilmiah dengan judul Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic. Pada penelitian ini menggunakan bunga mawar sebagai objek. Penelitian dilakukan menggunakan sensor kelembapan tanah dan DHT11 yang digunakan sebagai alat ukur yang di terapkan kedalam logika fuzzy. peneliti menggunakan aplikasi blynk yang digunakan untuk mengirimkan notifikasi kepada user. Dalam penelitian ini logika fuzzy cocok dalam pengambilan keputusan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan yang akan menggambarkan kebutuhan yang harus dimiliki oleh sistem. Dalam analisis kebutuhan ini terdapat dua bagian, sebagai berikut:

a. Analisis Kebutuhan Fungsional

Dalam analisis kebutuhan fungsional ini terdapat beberapa fungsi utama sistem, sebagai berikut:

1. Sistem dapat mendeteksi kelembapan pada tanah serta suhu disekitar lahan melalui komunikasi serial antara mikrokontroler dan aplikasi android
2. Sistem dapat menampilkan data kelembapan tanah serta suhu sekitar lahan melalui aplikasi android.
3. Sistem dapat dihidupkan atau dimatikan melalui aplikasi android.
4. Sistem dapat menyiram lahan perkebunan secara otomatis yang disetel dari mikrokontroler yang telah diterapkan program logika fuzzy

b. Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Untuk mendukung kinerja sistem ini, ada beberapa sistem nonfungsional yang dimiliki sistem, sebagai berikut:

1. Sistem memiliki lampu indikator untuk menunjukkan nilai suhu tertentu dan indikator apakah aplikasi dan mikrokontroler terhubung atau tidak.
2. Aplikasi android dapat dengan mudah dioperasikan oleh pengguna.
3. Dalam aplikasi android yang dirancang, pengguna sistem juga dapat melihat kelembapan tanah serta suhu di sekitar lahan.

2.2 Perencanaan

Pada penelitian ini proses perancangan meliputi empat bagian yaitu perancangan sistem, flowchart sistem, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

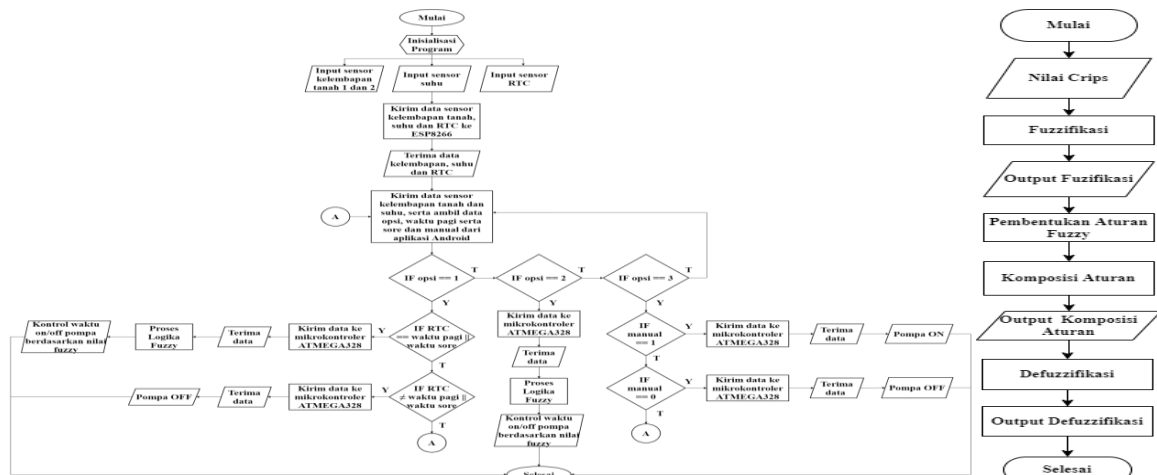
a. Perencanaan sistem Pada tahap perancangan sistem akan digambarkan dalam bentuk diagram blok, seperti terlihat pada Gambar



Gambar 1. Diagram blok sistem

Diagram blok diatas dapat dijelaskan bahwa sensor berfungsi sebagai alat input dan pembaca data kelembapan dan suhu disekitar lahan dalam penyiraman, kemudian data kelembapan dan suhu di sekitar lahan dari sensor di kirimkan ke mikrokontroler, dimana mikrokontroler ini berfungsi sebagai pusat pengolahan kelembapan tanah dan suhu yang diterima dari kedua jenis sensor dan di dalam mikrokontroler juga ditanamkan metode logika fuzzy yang berfungsi sebagai pengontrol relay, keluaran berupa fuzzy ini berupa waktu lama penyiraman untuk mengatur pompa air yang dikendalikan oleh relay. Pada diagram di atas, modul ESP8266 berfungsi untuk mengirimkan data dari mikrokontroler ke aplikasi android yang di rancang melalui jaringan Wi-Fi untuk menampilkan data kelembapan tanah serta suhu disekitar lahan perkebunan.

b. Sitem Flowchart

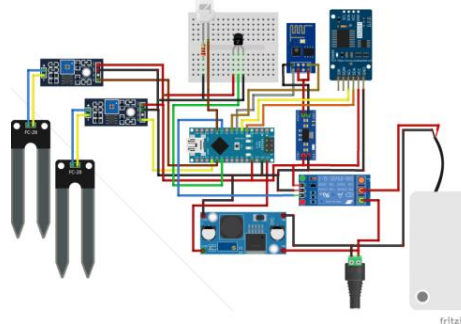


Gambar 2. (a) Flowchart sistem (b) flowchart logika fuzzy

Flowchart bertujuan untuk melihat urutan dan hubungan proses dari kerja sistem yang dibuat . Pada tahap ini akan dibuat dua flowchart sistem, yaitu flowchart sistem dan flowchart logika fuzzy.

c. Desain alat

Perancangan alat dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Desain alat penyiram lahan perkebunan kangkung

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembahasan

Dalam perancangan serta pembuatan Prototype Sistem Penyiram Lahan Perkebunan Kangkung Otomatis Berbasis Internet of Things Dengan Logika Fuzzy Sugeno analisis data yang diperlukan yaitu analisis sistem fuzzy, analisis sistem sensor kelembapan tanah dan sensor suhu sekitar lahan, analisis sensor RTC DS3231, analisis perangkat lunak dan analisis perangkat keras.

a. Analisis Sistem Fuzzy

Pada penelitian sistem fuzzy yang digunakan yaitu kelembapan dan suhu disekitar. Sistem pengendali berfungsi mendeteksi kelembapan pada tanah dan suhu di sekitar lahan dengan ketentuan yang telah ditentukan.

b. Analisis Sensor kelembapan Tanah dan Sensor Suhu

Dalam perancangan dan implementasi logika fuzzy Prototype Sistem Penyiram Lahan Perkebunan Kangkung Otomatis Berbasis Internet of Things ini, dengan menentukan kelembapan pada tanah serta suhu di sekitar lahan. Sensor kelembapan tanah yang digunakan sebanyak dua buah serta sensor suhu yang digunakan sebanyak satu buah untuk mengetahui lama waktu penyiraman terhadap objek, serta menggunakan modul RTC DS3231 yang digunakan sebagai opsi penjadwalan dalam penyiraman tanaman.

c. Analisis Software (Perangkat Lunak)

Pemilihan komponen hardware (perangkat keras) Sebelum program Fuzzy ditanamkan dalam arduino nano sangat mempengaruhi data output kelembapan pada tanah. Perangkat lunak yang digunakan yaitu Arduino IDE dan Kodular.

d. Analisis Hardware (Perangkat Keras).

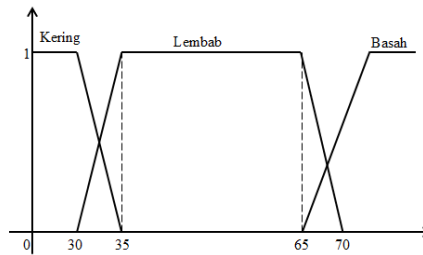
Komponen hardware pada penelitian ini terdiri dari 2 (dua) buah sensor soil moisture yang digunakan untuk mendeteksi kelembapan pada tanah, 1 (satu) buah board arduino nano yang digunakan untuk memprogram sistem, 1 (satu) buah sensor suhu LM35 yang digunakan untuk mengukur suhu di sekitar lahan perkebunan, 1 (satu) buah pompa air sebagai media dalam mengalirkan air dalam penyiraman serta relay yang digunakan sebagai pengatur pada pompa air.

Fuzzifikasi dalam pengembangan alat penyiram lahan perkebunan kangkung otomatis ini menggunakan parameter kelembapan tanah serta suhu di sekitar lahan perkebunan sebagai masukan sedangkan keluarannya penyiraman. Setelah mendapatkan nilai masukan dari sensor, proses dilanjutkan untuk mendapatkan nilai derajat keanggotaan. Ada input variabel input, oleh karena itu diperlukan fungsi keanggotaan input. Pada penelitian ini terdapat dua jenis fungsi keanggotaan yaitu input sensor dan output penyiraman. Fungsi keanggotaan masukan sensor berupa kelembapan tanah yang memiliki 3 himpunan fuzzy yaitu kering, lembab dan basah serta fungsi keanggotaan masukan sensor suhu yang memiliki 3 himpunan fuzzy yaitu dingin, normal, dan panas. Keluaran dari fungsi keanggotaan adalah lama waktu penyiraman yang memiliki tiga himpunan fuzzy yaitu cepat, sedang, lama.

Tabel 1. Himpunan fuzzy [20]

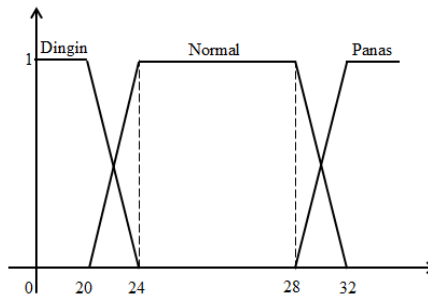
Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicara	Domain
Kelembapan tanah	Kering (K)		[0 30 %]
	Lembab (L)	[0 70 %]	[31 65 %]
	Basah (B)		[66 70 %]
Suhu disekitar lahan	Dingin (D)		[0 20 °C]
	Normal (N)	[0 32 °C]	[21 28 °C]

Pada fungsi keanggotaan masukkan sensor menggunakan bentuk kurva linear naik, turun, serta trapesium. Gambar dibawah ini merupakan fungsi keanggotaan dari masukan sensor kelembapan tanah.



Gambar 4. Kurva masukan sensor kelembapan

Pada fungsi keanggotaan masukkan sensor menggunakan bentuk kurva linear naik, turun, serta trapesium. Gambar dibawah ini merupakan fungsi keanggotaan dari masukan sensor suhu.



Gambar 5. Kurva masukan sensor kelembapan

Pada alat penyiraman tanaman kangkung otomatis ini terdapat sembilan aturan fuzzy dalam satuan milidetik (ms) lalu dikonversi ke detik (s), yaitu:

[Aturan 1] If (Kelembapan is Kering) and (Suhu is Dingin) then 6000

[Aturan 2] If (Kelembapan is Kering) and (Suhu is Normal) then 10000

[Aturan 3] If (Kelembapan is Kering) and (Suhu is Panas) then 10000

[Aturan 4] If (Kelembapan is Lembab) and (Suhu is Dingin) then 2000

[Aturan 5] If (Kelembapan is Lembab) and (Suhu is Normal) then 2000

[Aturan 6] If (Kelembapan is Lembab) and (Suhu is Panas) then 6000

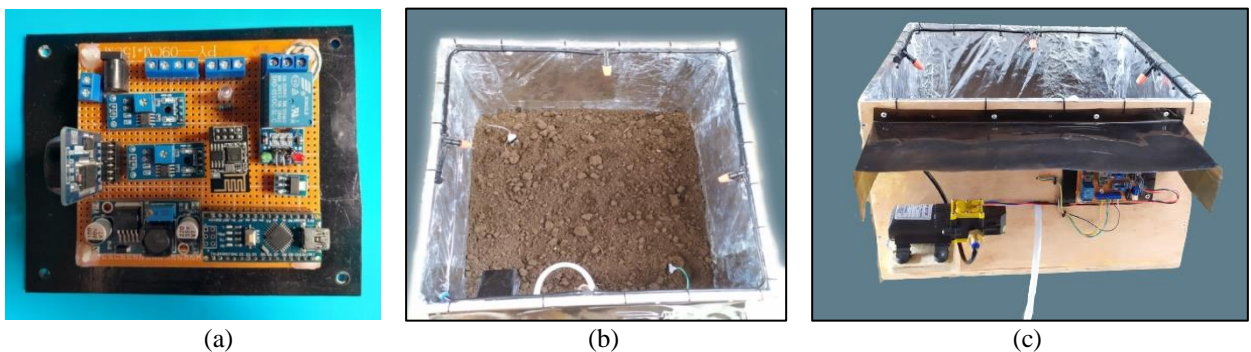
[Aturan 7] If (Kelembapan is Basah) and (Suhu is Dingin) then 0

[Aturan 8] If (Kelembapan is Basah) and (Suhu is Normal) then 0

[Aturan 9] If (Kelembapan is Basah) and (Suhu is Panas) then 0

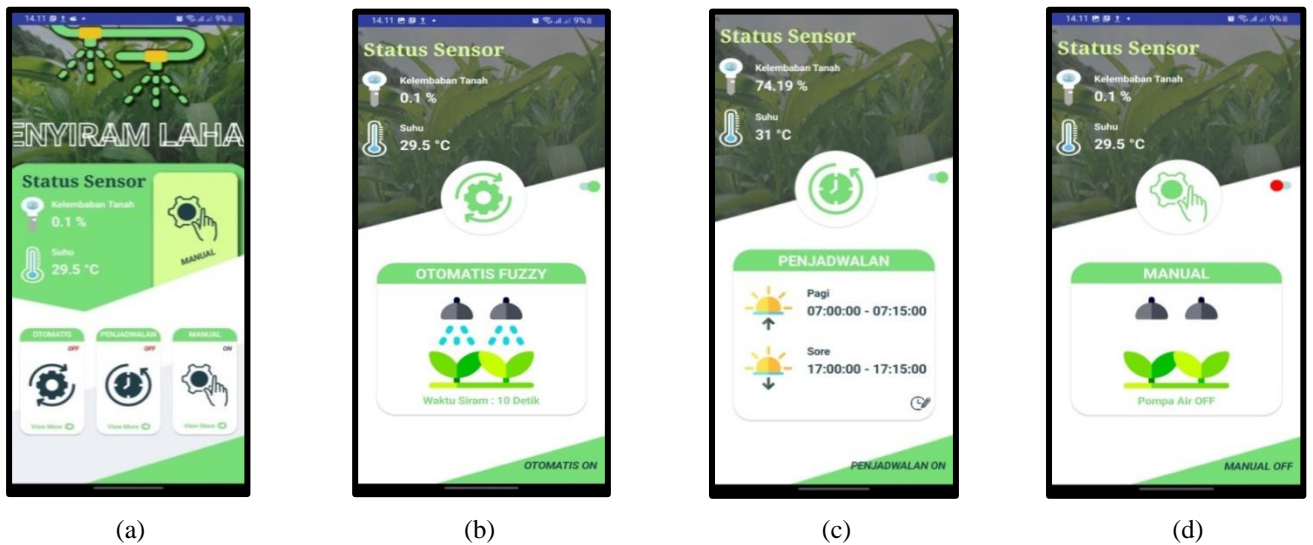
Pada penelitian ini komposisi aturan fuzzy untuk alat penyiram tanaman kangkung ini untuk mendapatkan nilai α -predikat dengan menggunakan fungsi implikasi MIN pada setiap setiap rule. Selanjutnya nilai masing-masing α -predikat tersebut digunakan untuk menghitung output (keluaran) hasil inferensi pada masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$) secara craps (tegas)

Perancangan alat penyiram lahan perkebunan kangkung ini menggunakan beberapa komponen perangkat keras yang terdiri dari arduino nano, ESP8266, sensor kelembapan tanah, sensor suhu LM35, RTC DS3231, pompa air, selang, wadah, nozel, kabel, PCB bolong, adaptor 12 V.



Gambar 3 (a) Rangkaian mikrokontroler, (b) Rangkaian alat tampak atas, (c) rangkaian alat tampak belakang

Dalam perancangan aplikasi android menggunakan kodular untuk membantu dalam perancangan dan pembuatan. Aplikasi android ini digunakan untuk monitoring alat, sekaligus mengontrol alat penyiram lahan perkebunan kangkung otomatis. Aplikasi ini telah mampu menjalankan dan mengontrol sesuai opsi yang dipilih pengguna (user). Pada aplikasi monitoring ini terdapat status sensor kelembapan tanah dan sensor suhu serta tiga menu opsi yang dapat dipilih dalam melakukan penyiraman tanaman kangkung Dalam aplikasi android ini terdapat 3 opsi, yaitu opsi yang pertama, otomatis fuzzy, opsi kedua penjadwalan, dan opsi ketiga yaitu manual.



Gambar 4 (a) tampilan awal aplikasi, (b) opsi Otomatis fuzzy, (c) opsi penjadwalan, (d) opsi manual

Pada opsi otomatis fuzzy eksekusi yang dilakukan berdasarkan pembacaan logika fuzzy yang telah di tanamkan pada alat penyiraman. Dimana jika opsi otomatis di hidupkan maka alat akan bekerja secara otomatis dan penyiraman dilakukan secara otomatis sesuai dengan pembacaan logika fuzzy.

Pada opsi penjadwalan terdapat menu penjadwalan waktu penyiraman tanaman kangkung yang dapat di tentukan oleh pengguna, dan terdapat pilihan waktu penjadwalan penyiraman yaitu pagi dan sore hari. pengaturan waktu dapat dilakukan pada pengatur waktu pada aplikasi. Opsi penjadwalan ini penyiraman dilakukan berdasarkan waktu yang telah di tentukan dan pembacaan logika fuzzy

Pada opsi manual, eksekusi yang dilakukan berupa penyiraman yang dilakukan sesuai dengan perintah yang dipilih oleh user (pengguna) pada menu manual. Pada opsi manual pompa air akan menyala apabila pengguna (user) menekan tombol on dan akan mati apabila menekan kembali tombol off yang terdapat pada menu manual pada aplikasi. Penyiraman pada opsi manual dapat dilakukan tanpa pembacaan logika fuzzy.

3.2 Pengujian

Ditahap pengujian yang akan di lakukan pengujian yaitu pengujian terhadap sensor kelembapan, sensor suhu, pengujian fuzzy, pengujian penjadwalan, dan pengujian manual.

a. Pengujian sensor kelembapan dan sensor suhu

Untuk mendapatkan hasil perbandingan pengujian dilakukan dengan memasukkan data nilai kelembapan tanah serta suhu, pengambilan data menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis mikrokontroler selanjutnya memasukkan nilai pengukuran data yang dilakukan secara manual dengan menggunakan soil moisture meter.

Tabel 2. pengujian sensor kelembapan tanah

No	Sensor Kelembapan Tanah	Manual (Soil Moisture Meter)	Selisih	Kesalahan (%)
1.	48.29	49	0.71	0.01
2.	48.58	48	0.58	0,01
3.	49.36	51	1.64	0,03
4.	50.83	52	1.17	0,02
5.	52.44	53	0.56	0,01
Rata - rata				0,016

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata presentase selisih sensor kelembapan tersebut sebesar 0,016 % dan tingkat ketepatan (akurasi) pada rangkaian sensor kelembapan dihitung melalui persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan akurasi} &= 100 \% - \text{persentase rata - rata} \\ &= 100 \% - 0.016 \\ &= 99,98 \% \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan hasil perbandingan pengujian dilakukan dengan memasukkan data nilai kelembapan tanah serta suhu, pengambilan data menggunakan sensor suhu LM35 berbasis mikrokontroler selanjutnya memasukkan nilai pengukuran data yang dilakukan secara manual dengan menggunakan thermometer.

Tabel 3. pengujian sensor suhu

No	Sensor Suhu	Manual (Thermometer)	Selisih	Kesalahan
1.	30.75	31	0.25	0.02
2.	31.50	31	0.5	0.01
3.	31.25	31	0.25	0.08
4.	31	31	0	0
5.	31	31	0	0
Rata - rata				0.02

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata presentase selisih sensor suhu tersebut sebesar 0,02 % dan tingkah ketepatan (akurasi) pada rangkaian sensor suhu dihitung melalui persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan akurasi} &= 100 \% - \text{persentase rata - rata} \\ &= 100 \% - 0.004 \\ &= 99,99 \% \end{aligned}$$

b. Pengujian fuzzy

Pengujian fuzzy dilakukan dengan memasukkan data kelembapan tanah dan suhu pada sensor serta output yang dihasilkan. Pengambilan data pada prototype penyiram lahan perkebunan kangkung menggunakan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu LM35 berbasis mikrokontroler.

Tabel 4. pengujian fuzzy

No	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Output Fuzzy (Millidetik)	Pompa Air
1.	31,5	51,17	5500	ON
2.	31,25	52,79	5250	ON
3.	31	53,76	5000	ON
4.	31	57,14	5000	ON
5.	31	63,83	5000	ON
6.	31	64	5000	ON
7.	31	70,97	0	OFF
8.	31	71,7	0	OFF
9.	31	71,55	0	OFF
10.	31	72,24	0	OFF

c. Pengujian Penjadwalan

Pengujian penjadwalan dilakukan dengan memasukkan data waktu pagi dan sore serta kelembapan tanah dan suhu pada sensor, pada pengujian penjadwalan dilakukan dalam waktu 3 hari.

Tabel 5. pengujian penjadwalan tanggal 24 Agustus 2022

Waktu	Pukul	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Output Fuzzy (Millidetik)	Pompa Air
Pagi	07:00	27.50	70,95	0	OFF
	07:30				
Sore	17:00	31	63,83	5000	ON
	17:30				

Tabel 6. pengujian penjadwalan tanggal 26 Agustus 2022

Waktu	Pukul	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Output Fuzzy (Millidetik)	Pompa Air
Pagi	07:15	28.24	34,19	3800	OFF
	07:30				
Sore	17:00	30,03	65,54	3314	ON
	17:30				

Tabel 7. pengujian penjadwalan tanggal 28 Agustus 2022

Waktu	Pukul	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Output Fuzzy (Millidetik)	Pompa Air
Pagi	07:00	27.42	74,45	0	OFF
	07:30				
Sore	17:00	30	62,43,	4000	ON
	17:30				

d. Pengujian manual.

Pada tahap pengujian ini dilakukan untuk mengamati delay serta eksekusi pada pompa air.

Tabel 8. pengujian manual

Aksi Aplikasi (ON/OFF)	Delay (Detik)	Pompa Air
ON	8	ON
OFF	6	OFF
ON	6	ON
OFF	5	OFF

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penelitian berhasil mengimplementasikan logika fuzzy sugeno pada prototype sistem penyiraman lahan perkebunan kangkung otomatis berbasis internet of things dengan logika fuzzy sugeno. Penyiraman tanaman berdasarkan rule fuzzy yang telah ditentukan If (Kelembapan is Kering) and (Suhu is Dingin) then 6000, If (Kelembapan is Kering) and (Suhu is Normal) then 10000, If (Kelembapan is Kering) and (Suhu is Panas) then 10000, If (Kelembapan is Lembab) and (Suhu is Dingin) then 2000, If (Kelembapan is Lembab) and (Suhu is Normal) then 2000, If (Kelembapan is Lembab) and (Suhu is Panas) then 6000, If (Kelembapan is Basah) and (Suhu is Dingin) then 0, If (Kelembapan is Basah) and (Suhu is Normal) then 0, If (Kelembapan is Basah) and (Suhu is Panas) then 0. Penggunaan metode logika fuzzy sugeno didapatkannya angka kelembapan serta suhu yang lebih sesuai dengan keputusan-keputusan yang ditentukan dengan rata-rata persentase selisih sensor kelembapan sebesar 0.016 % dan tingkat ketepatan (akurasi) pada rangkaian sensor kelembapan 99.98 % sedangkan selisih persentase pada sensor suhu sebesar 0.02 % dan tingkat ketepatan (akurasi) pada rangkaian sensor suhu LM35 sebesar 99.99 %.

REFERENCES

- [1] N. Mayani, T. Kurniawan, and Marlina, "(Ipomea reptans Poir) Akibat Perbedaan Dosis Kompos Jerami Dekomposisi Mol Keong Mas," *Lentera*, vol. 15, no. 13, pp. 201559–201563, 2018.
- [2] H. Y. Wibowo and Sitawati, "Respon Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea Reptans Poir) dengan Interval Penyiraman Pada Pipa Vertikal," *PLANTROPICA J. Agric. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 148–154, 2019.
- [3] R. Febriyono, Y. E. Susilo, and A. Suprpto, "Peningkatan Hasil Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans, L.) melalui Perlakuan Jarak Tanam dan Jumlah Tanaman per Lubang," *J. Ilmu Pertanian. Trop. dan Subtrop.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–27, 2019.
- [4] S. Bachiller et al., "PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KANGKUNG DARAT (Ipomea reptans Poir) DIBERI TRICHOKOMPOS JERAMI PADI GROWTH," *Rev. Trab. Soc.*, vol. 11, no. 75, pp. 23–26, 2018, [Online]. Available: http://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/storage/docs/Informe_de_Desarrollo_Social_2020.pdf?0Ahttp://revistas.ucm.es/index.php/CUTS/article/view/44540/44554
- [5] M. R. Pratama, "RANCANG BANGUN SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," Universitas Sumatera Utara, 2019. [Online]. Available: <https://repositori.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/23224/150402001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] F. Ramadhan, I. Ardiansah, and R. Kastaman, "Perancangan Purwarupa Alat Penyiraman Otomatis pada Tanaman Pisang dengan Internet of Things (IoT)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 75–80, 2019, doi: 10.26593/jrsi.v8i2.3224.75-80.
- [7] A. D. Novianto, I. N. Farida, and J. Sahertian, "Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, pp. 316–321, 2021.
- [8] M. Setiani Asih, "Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis," *J. Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, p. 1, Apr. 2018, Accessed: Mar. 23, 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/query/article/view/1566/1271>
- [9] S. Wasita, Setiawardhana, D. A. Saraswati, and E. Susanto, *Aplikasi Internet of Things (IoT) dengan Arduino dan Android*, Pertama. Yogyakarta: Deepublisher, 2019.
- [10] A. Fauzi, "PENERAPAN SMART ENVIRONMENT BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN METODE FUZZY LOGIC," Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, 2020.
- [11] N. Azman, *Internet Of Things dan Mikrokontroler*. 2020. [Online]. Available: http://repository.unas.ac.id/2274/1/buku_kedua_upload.pdf
- [12] H. A. Dharmawan, *Mikrokontroler Konsep Dasar dan Praktis*, Pertama. Malang: UBMedia, 2017.
- [13] M. Adam, "Perancangan Pengendali Dan Pemantau Suhu Ruang Melalui Komputer," pp. 143–156, 2018.
- [14] S. S. Harahap, "Alat pemandu jalan untuk penyandang tunanetra menggunakan logika fuzzy berbasis mikrokontroler," Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, 2019. [Online]. Available: www.repository.uinsu.ac.id
- [15] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. 2018.
- [16] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Ke dua. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2018.
- [17] R. Amaliyyah, "PEMANFAATAN INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI PENGONTROL NUTRISI PADA TANAMAN HIDROPONIK STROBERI," p. 6, 2021.
- [18] P. A. Wulandari, P. Rahima, and S. Hadi, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things Pada Tanaman Hias Sirih Gading," *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 77–85, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i2.886.
- [19] S. B. Mursalin, H. Sunardi, and Z. Zulkifli, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Ilm. Inform. Glob.*, vol. 11, no. 1, pp. 47–54, 2020, doi: 10.36982/jig.v11i1.1072.
- [20] D. Maulana, *Raih Untung Dari Budidaya Kangkung*, Pertama. Yogyakarta: Trans Idea Publishing, 2018.