

# Sistem Monitoring Kelembaban Tanaman Berbasis IoT Berdasarkan Pengukuran Suhu dan Kelembaban Tanah dengan Algoritma *Fuzzy Logic*

Novita Kurnia Ningrum<sup>1</sup>, Ibnu Utomo Wahyu Mulyono<sup>2</sup>, Defri Kurniawan<sup>3</sup>, Zahrotul Umami<sup>4</sup>

Teknik Informatika<sup>1,2,3</sup>, Ilmu Komputer<sup>4</sup>

Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol 207 Kota Semarang

<sup>1</sup>novita.kn@dsn.dinus.ac.id

<sup>2</sup>ibnu.utomo.wm@dsn.dinus.ac.id

<sup>3</sup>defri.kurniawan@dsn.dinus.ac.id

<sup>4</sup>zahrotul.umami@dsn.dinus.ac.id

**Abstrak**— Sistem pertanian membutuhkan pemantauan atau monitoring untuk mengontrol kondisi tanaman dan dalam hal ini sistem monitoring tanaman secara otomatis yang dapat diakses dari jarak jauh sesuai untuk diterapkan di bidang pertanian modern saat ini. Pada penelitian ini dirancang sistem berbasis internet of things atau IoT untuk membantu petani memonitoring kondisi tanaman melalui sensor suhu lingkungan dan kelembaban tanah yang terhubung dengan microcontroller. Suhu lingkungan dan kelembaban tanah tersebut digunakan sebagai parameter untuk penyiraman tanaman, dimana tanaman akan disiram pada jam tertentu secara berkala dengan jumlah air yang telah disesuaikan dengan kondisi suhu lingkungan dan kelembaban tanah pada saat itu. Algoritma fuzzy logic digunakan untuk mengatur jumlah air yang dialirkan pada tanaman. Data kondisi suhu lingkungan dan kelembaban tanah dikirim oleh sensor, diproses oleh sistem kemudian sistem akan menghitung menggunakan algoritma fuzzy logic. Hasil perhitungan sistem berupa nilai durasi penyiraman berdasarkan pengukuran suhu lingkungan dan kelembaban tanah. Kondisi tanaman dibagi menjadi 3 kondisi, berdasarkan suhu lingkungan terdiri dari suhu panas, sedang dan dingin. Berdasarkan kelembaban tanah terdiri dari kering sedang dan lembab. Data pengukuran dan hasilnya dikirim oleh sistem ke server thinkspeak dan dapat diakses melalui PC maupun gadget dari jarak jauh secara realtime. Dengan demikian kondisi tanaman dapat dipantau setiap saat oleh petani dari manapun.

**Kata kunci**— IoT, sensor suhu, sensor kelembaban tanah, thinkspeak, monitoring tanaman

## I. PENDAHULUAN

Sebagai negara agraria Indonesia memiliki lahan pertanian hingga mencapai 1,9 kilometer persegi daratan yang memiliki potensi untuk menjadi lahan pertanian. Sebagai negara yang dilalui oleh garis katulistiwa, wilayah Indonesia mendapatkan jumlah curah hujan dan intensitas matahari yang cukup. Sehingga pada umumnya hampir semua jenis tanaman dapat tumbuh dan dikembangbiakkan. Akan tetapi data yang diberikan oleh BPS pada tahun 2020 menyatakan bahwa terdapat 2200 desa yang telah mengalami pencemaran tanah [1]. Menurut data BPS dari tahun 2011 hingga tahun 2018 terjadi peningkatan dari lahan kritis menjadi lahan

sangat kritis di hampir seluruh wilayah Indonesia [2]. Kondisi tanah yang tidak subur akibat pencemaran berdampak pada penurunan produktivitas di sektor pertanian [3].

Permasalahan lingkungan langsung dan tidak langsung mempengaruhi produktivitas pertanian itu sendiri. Disamping itu pula pengetahuan petani untuk mengelola pertaniannya masih minim. Sejauh ini perawatan dan pengelolaan pertanian, sebagian besar petani masih menggunakan cara tradisional sebagaimana yang telah dilakukan turun temurun. Hal ini tentu saja tidak relevan lagi dengan kondisi lingkungan dan iklim saat ini. Mengenai jumlah kebutuhan nutrisi tanaman dan inkonsistensi melakukan perawatan pada tanaman, juga menjadi salah satu penyebab kualitas dan kuantitas hasil panen tidak dapat optimal [4].

Sejalan dengan salah satu program World SDGs yang disepakati oleh PBB melalui Food and Agriculture Organization (FAO) pada tahun 2021 yaitu the State of Security and Nutrition in the World (SOFI) yang salah satunya adalah mendorong pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan pengairan pertanian sehingga tercipta suatu sistem pertanian yang berkelanjutan atau *sustainable farming* [5]. Hal tersebut juga tertuang dalam SDGs Percepatan Pembangunan Desa yang diprogramkan oleh Kementerian Desa Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi [6].

Sebagaimana yang kita ketahui, kebutuhan pangan dari hasil pertanian merupakan kebutuhan fundamental untuk kualitas hidup masyarakat Indonesia itu sendiri. Sebagai negara agraria, Indonesia memiliki potensi besar untuk menghasilkan produk pertanian yang berkualitas untuk memenuhi kebutuhan masyarakatnya. Dengan didukung teknologi *smart farming* dapat membantu meningkatkan kualitas tanaman dan hasil produksi pertanian. Oleh karenanya pada penelitian ini dirancang sistem pertanian berbasis IoT untuk membantu petani melakukan monitoring kondisi tanaman dalam pertaniannya secara *real time* dari

jarak jauh dan mengontrol secara otomatis agar kondisi tanaman tetap baik.

Pembibitan, pembudidayaan dan penelitian tanaman sering dilakukan pada tanaman-tanaman yang membutuhkan perhatian khusus seperti halnya tanaman jeruk nipis. Jika tanaman tersebut tidak mendapatkan nutrisi atau lingkungan yang baik maka tidak dapat tumbuh dengan baik, sehingga jeruk nipis tidak dapat berbuah atau buahnya tidak berkembang dengan optimal. Pada kondisi kelembaban udara dan kelembaban tanah yang tidak sesuai akan mengakibatkan tanaman lambat berubah dan bahkan tidak berbuah sama sekali [7]. Ada beberapa pertanian yang sudah menerapkan teknologi untuk pengelolaan tanaman pertaniannya. Dimana teknologi dilibatkan untuk membantu pengelolaan dan pemantauan tanaman secara masif dan otomatis menggunakan mikrokontroller. Pada penelitian yang dilakukan oleh Haya dan kawan kawan, mikrokontroller yang digunakan adalah arduino nano untuk memantau intensitas cahaya pada tanaman hias. *microcontroller* akan terhubung pada sistem, dan *interface* sistem akan memberikan respon sesuai dengan tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh sensor. Penelitian tersebut membantu petani untuk memberikan kebutuhan cahaya yang tepat pada tanaman hias [8]. Mikrokontroller juga sudah diterapkan untuk sistem penyiraman tanaman cabe, pada penelitian yang dilakukan oleh Johnson Tarigan. Sensor pada mikrokontroller atmega akan mengidentifikasi kelembaban tanah, jika kelembaban tanah kurang dari 40 % maka air akan dialirkan untuk menyiram tanaman cabe [9]. Penelitian lain berkaitan dengan pengaturan kelembaban tanah dan pengairan, dilakukan oleh Kafiar. Pada penelitian ini, digunakan mikrokontroller arduino uno untuk mendeteksi kelembaban dengan sensor YL 39 dan YL 69 pada tanaman hias. Sistem akan mendeteksi kelembaban tanah sesuai dengan kondisi PH tanah, kemudian sistem mengirimkan sinyal kepada sistem sesuai dengan kondisi pH tanah tersebut. Jika kelembaban tanah berdasarkan Ph tanah memenuhi untuk diberikan penyiraman, maka sistem akan memberikan perintah pada mikrokontroller untuk dilanjutkan pada alat penyiraman air [10].

Pada penelitian ini dirancang sistem *berbasis internet of things* atau *IoT* yang menghubungkan sensor suhu lingkungan dan sensor kelembaban tanah dengan sistem. Kondisi tanaman dipantau atau dimonitoring melalui sensor suhu lingkungan dan kelembaban tanah yang terhubung dengan *microcontroller*. Suhu lingkungan dan kelembaban tanah tersebut digunakan sebagai parameter untuk penyiraman tanaman. Tanaman akan disiram pada jam tertentu secara berkala dengan jumlah air yang telah disesuaikan dengan kondisi suhu lingkungan dan kelembaban tanah pada saat itu. Perhitungan kondisi tanaman dan jumlah air yang disiramkan, sistem menggunakan pendekatan algoritma *fuzzy logic*. Sistem mengatur jumlah air yang dialirkan pada tanaman berdasarkan data suhu lingkungan dan kelembaban tanah yang diterima dari sensor. Hasil perhitungan sistem berupa nilai durasi penyiraman berdasarkan pengukuran suhu lingkungan dan kelembaban tanah. Dalam penelitian ini kondisi tanaman dibagi menjadi 3 kondisi, berdasarkan suhu

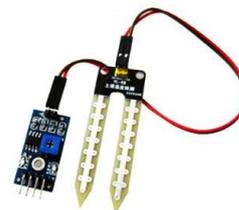
lingkungan terdiri dari suhu panas, sedang dan dingin. Sedangkan kondisi berdasarkan kelembaban tanah terdiri dari kondisi kering, sedang dan lembab. Data pengukuran dan hasilnya dikirim oleh sistem ke server *thingspeak* yang terhubung ke layar *LCD*. Sistem juga terhubung dengan internet sehingga monitoring dapat diakses melalui PC maupun gadget dari jarak jauh secara realtime. Sehingga kondisi tanaman ditampilkan dengan data yang selalu terbaru sesuai dengan kondisi tanaman pada saat itu. Selain itu kondisi tanaman dapat dipantau oleh petani setiap saat dari manapun melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Melalui sistem ini maka dapat membantu petani dengan mudah melakukan monitoring kondisi tanaman di lahan pertaniannya dan diharapkan mampu menghasilkan panen dengan kualitas baik karena kondisi tanaman dapat dipantau setiap saat.

## II. METODOLOGI

### A. Sensor

Sensor yang digunakan untuk perancangan sistem monitoring kelembaban tanaman ini terdiri dari dua sensor, yaitu sensor untuk mendeteksi suhu lingkungan dan sensor untuk mendeteksi kelembaban tanah. Kedua sensor ini akan terhubung dengan *microcontroller* yang akan memproses kondisi suhu lingkungan dan kelembaban tanah tersebut sebagai parameter untuk menentukan durasi penyiraman tanaman pada tahap selanjutnya.

Berikut ini adalah gambar sensor suhu DHT 11 yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Sensor Suhu DHT 11

DHT 11 merupakan suatu sensor yang mampu mendeteksi suhu pada suatu ruangan. Sensor DHT 11 dapat digunakan pada sistem *IoT* berbasis arduino. Data pada sensor ini diolah didalam IC Controller. IC tersebut akan mengeluarkan output data dalam bentuk single wire bi-directional. DHT11 mempunyai spesifikasi tegangan input 3-5V, arus 0.3mA dengan periode sampling 2 detik, output serial data, beresolusi 16Bit, memiliki temperatur antara 0°C sampai 50°C, dan memiliki nilai kelembaban antara 20% sampai 90%.

Sensor kelembaban tanah yang digunakan pada penelitian ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 2. Sensor Kelembaban Tanah

Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah. Cara kerja sensor yaitu melewati arus melalui tanah, kemudian membaca tekanan atau resistansi yang ada di dalam tanah. Selanjutnya diperoleh nilai kelembaban tanah tersebut [11].

### B. IoT

Sensor DHT 11 dan sensor kelembaban tanah terhubung dengan sistem IoT yang memungkinkan untuk terhubung dengan beberapa perangkat dan memprosesnya dalam satu sistem dengan menghubungkan sistem pada internet. Pemrosesan dalam IoT ini terintegrasi dengan *microcontroller*. Data yang diterima dari sensor DHT 11 dan sensor kelembaban tanah merupakan parameter yang akan digunakan untuk sistem memberikan keputusan *Microcontroller* yang digunakan adalah *microcontroller nodemcu*.

Dalam proses monitoring ini, *microcontroller* menerima inputan dari sensor DHT 11 dan sensor kelembaban tanah. Dari dari sensor diproses menggunakan pendekatan algoritma *fuzzy logic*, dimana data akan dihitung dan hasil perhitungannya merupakan perintah yang dilanjutkan pada perangkat penyiram tanaman. Perhitungan ini didasarkan pada kondisi tanaman yang pada masing masing sensor terbagi menjadi 3 kondisi. Pada suhu lingkungan terbagi menjadi tiga kondisi, yaitu panas, sedang dan dingin. Untuk kelembaban tanah terdiri dari 3 kondisi yaitu kering, sedang dan lembab. Penerapan algoritma *fuzzy logic* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rule Penyiraman Tanaman dengan Algoritma Fuzzy Logic

Suhu	Kelembaban		
	Kering	Sedang	Lembab
Dingin	Lama (rule 1)	Sebentar (rule 4)	Sebentar (rule 7)
Sedang	Lama (rule 2)	Sedang (rule 5)	Sebentar (rule 8)
Panas	Lama (rule 3)	Sedang (rule 6)	Sebentar (rule 9)

Hasil dari perhitungan *rule* algoritma *fuzzy logic* dibahas pada bab selanjutnya di bab hasil dan pembahasan. Output dari sistem dapat diakses melalui perangkat lain seperti gadget dan PC melalui server *thingspeak*.

### C. Thingspeak

*Thingspeak* adalah aplikasi opensource yang terhubung dalam *internet of things* dengan API yang komprehensif untuk penyimpanan data. Dalam penelitian ini data yang disimpan adalah data suhu lingkungan, data kelembaban tanah dan durasi penyiraman. Data dari sensor yang terhubung pada sistem *internet of things* ini ditampilkan dalam bentuk grafis melalui media web. *Thingspeak* berinteraksi dengan bantuan koneksi internet yang bertugas sebagai pembawa paket data yang terhubung dengan *thingspeak* yang akan mengambil, menyimpan, menganalisis, mengamati dan mengolah data yang diperoleh dari sensor yang terhubung dengan *microcontroller nodemcu* [12] [13].

Pada sistem monitoring ini terhubung dengan perangkat penyiraman tanaman menggunakan pendekatan algoritma *fuzzy logic* yang mana sistem akan membuat keputusan berdasarkan kondisi suhu lingkungan dan kelembaban tanah. Hasil keputusan berupa durasi penyiraman pada tanaman. Yaitu seberapa banyak air yang akan dialirkan pada tanaman akan menyesuaikan kondisi suhu lingkungan dan kelembaban tanah pada waktu tersebut. Data yang diterima dari sensor suhu lingkungan dan kelembaban lingkungan beserta durasi penyiraman selanjutnya dikirim ke server *thingspeak* melalui *microcontroller nodemcu* yang sudah menggunakan teknologi *wireless*. Data yang ditampilkan berupa data grafik yang dapat diakses melalui gadget maupun PC yang terhubung internet.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

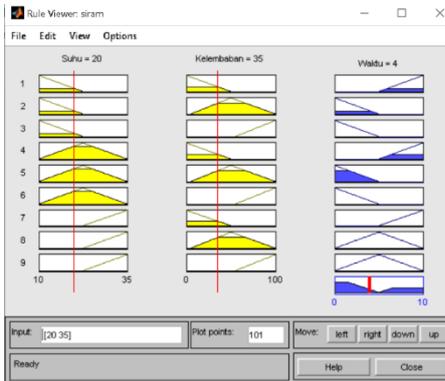
Setelah pemaparan pada bab di atas, selanjutnya pada bab ini menampilkan hasil dari perancangan sistem monitoring kelembaban tanaman dalam hal ini tanaman yang digunakan adalah jeruk nipis. Dalam analisa hasil dan pembahasan ini, diawali dengan penerapan algoritma *fuzzy logic* dilanjutkan dengan pembahasan proses sistem monitoring yang terhubung dengan *IoT* memproses data dari sensor suhu lingkungan dan kelembaban tanah yang terhubung dengan *microcontroller* melalui tahap fuzzifikasi. Selanjutnya proses pemberian keputusan jumlah durasi penyiraman pada tanaman melalui tahap defuzzifikasi dan yang terakhir adalah tampilan output data kondisi tanaman dalam bentuk grafik.

### A. Penerapan Algoritma Fuzzy Logic

Dalam fungsi keanggotaan (*member functional*) adalah kurva yang mendefinisikan bagaimana setiap titik dalam ruang input dipetakan ke nilai keanggotaan (atau derajat keanggotaan) antara 0 dan 1. Dan fungsi keanggotaan adalah representasi grafis dari input dan output. Di mana fuzzy kami himpunan memiliki sifat yang berbeda dan fungsi keanggotaan mewakili derajat kebenaran. Dan puncak distribusi yang ditunjukkan pada (gambar: 3) menunjukkan derajat tertinggi berarti mendekati 1 atau 1. dan kedua ekor distribusi menunjukkan derajat terkecil mendekati 0 atau 0 [14]. Penerapan pada penelitian ini, *funzzy* dibagi menjadi beberapa keanggotaan, yaitu keanggotaan suhu lingkungan, keanggotaan kelembaban tanah dan keanggotaan durasi. yang mana data suhu dan kelembaban merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan seberapa banyak durasi penyiraman air diperlukan.

Rule yang digunakan pada algoritma *fuzzy logic* dihitung dengan fungsi implikasi untuk mengambil nilai terkecil atau nilai terbesar dengan fungsi *MIN* dan *MAX*. Jika operator adalah *AND* maka fungsi menggunakan *MIN*, sebaliknya jika operator menggunakan *OR* maka fungsi adalah *MAX*. Pada penelitian ini, semua *rule* yang dibuat menggunakan *AND* maka fungsi yang digunakan adalah *MIN*. Fungsi tersebut akan dihitung menggunakan nilai input suhu sebesar 20°C dan kelembaban tanah 35%.

Gambar di bawah ini adalah hasil perhitungan menggunakan Matlab:



Gambar 3. Hasil pengolahan *rule fuzzy logic* menggunakan Matlab

Berdasarkan gambar 3 diatas dapat diinterpretasikan bahwa *rule* yang memenuhi syarat perhitungan dengan inputan suhu 20°C dan kelembaban 35% adalah *rule 1*, *rule 2*, *rule 4* dan *rule 5*. *Rule* yang memenuhi syarat selanjutnya dihitung menggunakan implikasi fungsi MIN, dengan hasil sebagai berikut:

Rule-1 : JIKA Suhu Dingin DAN Kelembaban Kering  
MAKA Waktu Lama

$$\begin{aligned} R1 &= \mu_{suhu} \cap \mu_{kelembaban} \\ &= \text{MIN}(\mu_{Dingin}[20], \mu_{Kering}[35]) \\ &= \text{MIN}(0.1, 0.3) \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

Rule-2 : JIKA Suhu Dingin DAN Kelembaban Sedang  
MAKA Waktu Lama

$$\begin{aligned} R2 &= \mu_{suhu} \cap \mu_{kelembaban} \\ &= \text{MIN}(\mu_{Dingin}[20], \mu_{Sedang}[35]) \\ &= \text{MIN}(0.1, 1.3) \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

Rule-4 : JIKA Suhu Sedang DAN Kelembaban Kering  
MAKA Waktu Lama

$$\begin{aligned} R4 &= \mu_{suhu} \cap \mu_{kelembaban} \\ &= \text{MIN}(\mu_{Sedang}[20], \mu_{Kering}[35]) \\ &= \text{MIN}(0.8, 0.3) \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

Rule-5 : JIKA Suhu Sedang DAN Kelembaban Sedang  
MAKA untuk Waktu Lama

$$\begin{aligned} R5 &= \mu_{suhu} \cap \mu_{kelembaban} \\ &= \text{MIN}(\mu_{Sedang}[20], \mu_{Sedang}[35]) \\ &= \text{MIN}(0.8, 1.3) \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

Setelah proses fuzzifikasi dengan pembagian keanggotaan suhu lingkungan yang terdiri dari tiga keanggotaan yaitu panas, sedang dan dingin. Dan pembagian kelembaban tanah yang terbagi menjadi tiga keanggotaan yaitu kering, sedang dan lembab.

Tahap selanjutnya adalah *defuzzifikasi* untuk menentukan durasi penyiraman. Sebagaimana *rule* yang telah ditetapkan

terbagi menjadi durasi lama, sedang dan sebentar pada keanggotaan durasi keanggotaannya juga dibagi menjadi 3 yaitu durasi lama, durasi sedang dan durasi sebentar. Untuk penghitungan durasi digunakan metode *Center of Area* atau *CoA*. Perhitungan *CoA* pada fungsi keanggotaan sebentar yaitu dilakukan operasi pencarian luas segitiga dengan mengalikan alas dengan tinggi lalu dibagi dua. Nilai tengah didapatkan dari perhitungan luas ditambah dengan range minimum pada fungsi membership sebentar.

Pada variabel waktu mempunyai range atau rentang nilai antara 0 hingga 10 dengan satuan detik. Variabel waktu masing-masing memiliki himpunan atau fungsi keanggotaan yaitu keanggotaan sebentar, keanggotaan sedang dan keanggotaan lama. Berikut persamaan dari keanggotaan kering dengan bentuk segitiga.

$$\mu_{Wsebutar}[x] = \begin{cases} 0 & ; x < 0 \text{ atau } x > 4.5 \\ (x - 0)/(2.25 - 0) & ; 0 \leq x \leq 2.25 \\ (4.5 - x)/(4.5 - 0) & ; 2.25 \leq x \leq 4.5 \end{cases}$$

Untuk persamaan keanggotaan sedang menggunakan kurva dengan bentuk segitiga.

$$\mu_{Wsedang}[x] = \begin{cases} 0 & ; x < 5 \text{ atau } x > 7.5 \\ (x - 5)/(4.5 - 5) & ; 5 \leq x \leq 4.5 \\ (7.5 - x)/(7.5 - 4.5) & ; 4.5 \leq x \leq 7.5 \end{cases}$$

Untuk persamaan keanggotaan lama menggunakan kurva dengan bentuk segitiga.

$$\mu_{Wlama}[x] = \begin{cases} 0 & ; x < 4.5 \text{ atau } x > 10 \\ (x - 4.5)/(7.5 - 4.5) & ; 4.5 \leq x \leq 7.5 \\ (10 - x)/(10 - 7.5) & ; 7.5 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

Berdasarkan perhitungan variabel waktu diatas, maka perhitungan *CoA* untuk keanggotaan sebentar adalah sebagai berikut:

$$P = 4.5 - 0 = 4.5$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{4.5 \times 1}{2} \\ &= 2.25 \end{aligned}$$

$$\text{CoA} = 0 + 2.25 = 2.25$$

Penghitungan untuk keanggotaan sedang sebagai berikut:

$$P = 7.5 - 4.5 = 3$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{3 \times 1}{2} \\ &= 1.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CoA} &= 4.5 + 1.5 \\ &= 6 \end{aligned}$$

dan penghitungan untuk keanggotaan lama sebagai berikut:

$$P = 10 - 7.5 = 2.5$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{2.5 \times 1}{2} \\ &= 1.25 \end{aligned}$$

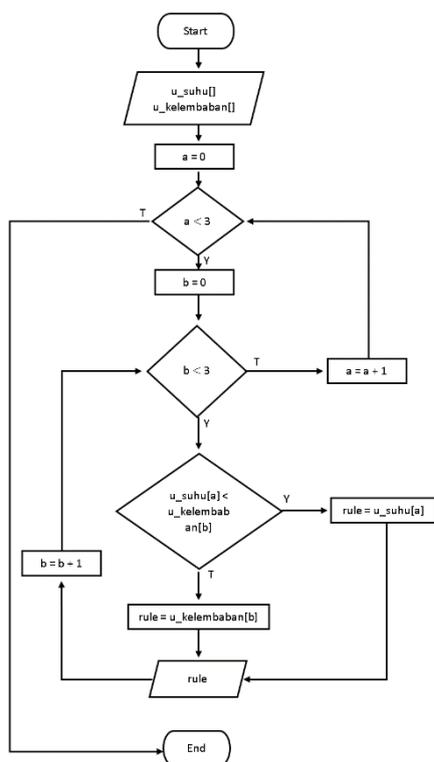
$$\begin{aligned} \text{CoA} &= 7.5 + 1.25 \\ &= 8.75 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah tabel keanggotaan durasi berdasarkan perhitungan defuzzifikasi menggunakan CoA.

Tabel 2. Keanggotaan Durasi dengan metode CoA

Keanggotaan	Luas (L)	Center of Area (CoA)
Sebentar	2.25	2.25
Sedang	1.5	6
Lama	1.25	8.75

Berdasarkan *rule* yang telah ditentukan dan melalui tahapan proses di atas maka dapat digambarkan penerapan algoritma *fuzzy logic* pada sistem monitoring kelembaban tanaman melalui flowchart pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Fuzzy Rule Flowchart

Proses dimulai dengan inialisasi suhu dan *rule*, kemudian dilakukan pengecekan *array* suhu. Dilanjutkan dengan memasuki looping untuk pengecekan kelembaban. Paada tahap inii nilai suhu dan kelembaban dibandingkan untuk mendapat nilai minimal, perulangan tersebut dilakukan sampai batas perulangan pada suhu lingkungan dan kelembaban tanah hingga 9 kali.

### B. Perancangan Sistem

Alur kerja sistem dimulai dari inputan yang diperoleh dari sensor suhu lingkungan dan kelembaban tanah. Selanjutnya sistem menginisiasi atau mendeklarasikan inputan tersebut kedalam variable. Dilanjutkan dengan pembacaan waktu oleh perangkat RTC dan pembacaan hasil inputan suhu dan kelembaban yang telah diterima. Waktu penyiraman diatur

pada jam 6.30 pagi dan jam 15.30 sore. Sehingga sistem akan melakukan penyiraman pada waktu yang ditentukan sesuai dengan pembacaan sensor suhu dan kelembaban tersebut. berdasarkan hasil pembacaan data suhu lingkungan dan kelembaban tanah kemudian data itu diproses menggunakan inferensi *fuzzy*. Prosesnya yaitu dengan melakukan perhitungan *fuzzifikasi*, penerapan *fuzzy rule* dan *defuzzifikasi* sebagai output sistem. Output yang dihasilkan dari defuzzifikasi yaitu penentuan durasi waktu penyiraman tanaman dengan satuan detik. Selanjutnya setelah output didapatkan sistem akan menyalakan relay dan pompa air. Sehingga air akan mengalir melalui pompa yang sudah ada selangnya lalu menuju ke tanaman.

### C. Implementasi Thingspeak pada Sistem

Hasil dari penerapan algoritma *fuzzy logic* pada sistem selanjutnya ditampilkan melalui *thingspeak* yang terintegrasi pada sistem *IoT* sehingga petani dapat melakukan monitoring dengan mudah. *Thingspeak* dapat diakses setelah mengaktifkan dan channel sudah disetting agar terhubung dengan system. Pada tampilan web *thingspeak* tersebut menampilkan grafik yang menunjukkan kondisi suhu lingkungan, kelembaban dan waktu dan durasi penyiraman seperti gambar 7 di atas. Hasil pendeteksi sensor suhu, kelembaban dapat pantau secara realtime melalui *thingspeak*.

Selain melalui *thingspeak*, data suhu, kelembaban, durasi dan waktu penyiraman juga ditampilkan di LCD. Tahap berikutnya adalah pengujian sistem menggunakan matlab. Sistem diuji coba sebanyak lima kali, dengan hasil uji coba ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Tabel Pengujian Sistem

Pengujian	Input		Output		Error (%)
	Suhu	Kelembaban	Sistem	Matlab	
1	27	60	3.65	3.91	6.65
2	29.1	45	4.78	4.47	6.93
3	28	29	4.64	4.76	2.52
4	30.9	35	5.39	4.95	8.88
5	32.8	49	4.86	4.91	1.01
	<b>Rata-rata</b>				<b>5.19</b>

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan pada matlab yang ditampilkan pada tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata error pada setiap prosesnya sebesar 5,19%. Data diatas dihitung menggunakan perhitungan presentase error dan nilai rata-rata error. Berikut contoh perhitungan pada pengujian ke 1 diambil dari nilai sistem 3,65 dan nilai matlab 3,91.

$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{\text{Nilai Sistem} - \text{Nilai Matlab}}{\text{Nilai Matlab}} \times 100\% \\
 &= \frac{3.65 - 3.91}{3.91} \times 100\% \\
 &= \frac{0.26}{3.91} \times 100\% \\
 &= 6,65\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{pengujian}} \times 100\%$$

$$= \frac{25,99}{5}$$

$$= 5,19$$

- [14] S. Waris dan Z. Ahmad, "APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN ACADEMIC SETUP," dalam *Proc. 8th International Conference on Recent Advances in Statistics*, Lahore, 2011.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uji coba yang dilakukan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa bahwa algoritma *fuzzy logic* dapat diterapkan pada sistem *IoT* untuk monitoring kelembaban tanaman. Data kelembaban tanah dan suhu lingkungan yang dideteksi oleh sensor dapat diolah oleh sistem *IoT* yang terhubung dengan *microcontroller* dan hasil pengolahan data dapat ditampilkan melalui dengan web *thinkspk* dan LCD berupa grafik yang menunjukkan suhu lingkungan, kelembaban tanah, durasi dan waktu penyiraman tanaman. Pengujian sistem menggunakan Matlab diperoleh nilai rata-rata error sebesar 5,19 %. Nilai eror rata-rata masih cukup besar pada uji coba penelitian kali ini. Diharapkan untuk uji coba penelitian berikutnya dapat dihasilkan nilai error yang lebih kecil.

#### REFERENSI

- [1] N. Zuraya, "BPS: 2.200 Desa Alami Pencemaran Tanah," Januari 2019. [Online]. Available: <https://nasional.republika.co.id/berita/nasional/umum/19/01/21/plon5d383-bps-2200-des-aalami-pencemaran-tanah>.
- [2] B. P. S. R. Indonesia, "Luas dan Penyebaran Lahan Kritis Menurut Provinsi (Hektar), 2011-2018," 2018. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/60/588/1/luas-lahan-kritis-menurut-provinsi-dan-tingkat-kekritis-an-lahan.html>.
- [3] Admin Disperkimta, "Pencemaran Tanah," Februari 2019. [Online]. Available: <https://disperkimta.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pencemaran-tanah-11>.
- [4] J. Iskandar, "Metodologi Pertanian dan Petani," JURNAL ANALISIS SOSIAL VOL. 11 NO. 1 APRIL 2006, 2006.
- [5] U. Nations, "the State of Security and Nutritions in the World (SOFI)," 12 July 2021. [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/events/state-food-security-and-nutrition-world-2021-sofi-33052>.
- [6] kemendes a, "SDGs DESA," 11 12 2020. [Online]. Available: <https://sdgsdesa.kemendes a.go.id/sdgs-des a/>.
- [7] C. P. Yahwe, Isnawaty dan L. F. Aksa, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE SYSTEM MONITORING KELEMBABAN TANAH MELALUI SMS BERDASARKAN HASIL PENYIRAMAN TANAMAN "STUDI KASUS TANAMAN CABAI DAN TOMAT"," 2016.
- [8] R. F. Haya, C. R. Gunawan dan A. Fauzi, "monitoring System for Decorative Palnts using Arduino Nano Microcontroller," *ULTIMA Computing*, vol. XII, no. 2, pp. 6-71, Desember 2020.
- [9] J. Tarigan dan M. bukit, "RANCANG BANGUN SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN SECARA MANDIRI BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535," *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 3, Oktober 2018.
- [10] E. Z. Kafi ar, E. K. Allo dan D. J. Mamahit, "Rancang Bangun Penyiram Tanaman Berbasis Arduini Uno Menggunakan Sensor Kelembaban YL 39 dan YL 69," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 3, Juli-Oktober 2018.
- [11] S. Rafiuddin, *Dasar Dasar Teknik Sensor*, 2013.
- [12] Hardiyanto, "Konsep Internet of Things pada Pembelajaran Berbasis Web," *Jurnal Dinamika Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 87-97, 2017.
- [13] D. Andi Farmadi, "Implementasi Internet Of Things ( IoT) Pada Sistem Monitoring Rumah Kaca Dengan Menggunakan Mikrokontroler Yang Tertanam Sitem Fuzzy," dalam *Seminar Nasional Informatika Dan Aplikasinya (SNIA)*, 2017.