

Implementasi Logika Fuzzy dengan Metode Mamdani untuk Menghitung Durasi Penyiraman Air Otomatis

Keisya Febrika S. Garingging¹, Khomariah², Adelia Astanti², Adelia Ulfa¹, David JM Sembiring^{1,*}, Devita Permatasari Br Ginting¹

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Medan

²Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Kabanjahe

Jl. Sei Batang Hari No.84a, Babura Sunggal, Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: ^{1,*}davidjmsembiring@itbi.ac.id, ²devitapermatasari.dosen@itbi.ac.id

(* : coressponding author)

Abstrak—Penyiraman tanaman merupakan kegiatan penting dalam pemeliharaan tanaman, karena air memiliki peran vital dalam proses fotosintesis dan menjaga kelembaban tanah. Namun, sistem penyiraman otomatis yang ada saat ini sering kali gagal menghitung durasi penyiraman yang tepat, menyebabkan pemborosan air dan kerusakan pada tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis yang efisien dengan menerapkan Metode Fuzzy Mamdani. Metode ini memungkinkan perhitungan durasi penyiraman yang lebih akurat dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban tanah, yang seringkali bersifat tidak pasti. Metode Fuzzy Mamdani terdiri dari beberapa tahap, yaitu fuzzifikasi, fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi, yang dapat menangani ketidakpastian dalam data input. Dalam pengujian, sistem ini menunjukkan kemampuan untuk mengatur durasi penyiraman secara otomatis dan efisien, dengan mempertimbangkan tekanan menengah pada alat penyiram yang dapat mencakup area hingga 30 meter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak maksimum pancaran air yang dapat dicapai berkisar antara 20 meter hingga 30 meter. Hal ini sesuai dengan karakteristik alat sprinkler yang memiliki jangkauan maksimal sekitar 32 meter. Dengan nilai masukan suhu 32 dan kelembaban 60 RH setelah dilakukan proses defuzzifikasi dengan nilai akhir yang didapatkan sebesar 3 atau Sedang yang merupakan hasil keluaran dari Pompa Air selama 7 detik untuk proses menyiram tanaman. Dengan demikian, sistem penyiraman tanaman berbasis Fuzzy Mamdani tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga menawarkan solusi yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan teknologi irigasi yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan dapat meningkatkan produktivitas pertanian.

Kata Kunci: Durasi; Penyiraman; Air; Metode Fuzzy Mamdani.

Abstract—Watering plants is an important activity in plant maintenance, because water plays a vital role in the process of photosynthesis and maintaining soil moisture. However, existing automatic watering systems often fail to calculate the correct watering duration, causing water waste and damage to plants. This study aims to develop an efficient automatic plant watering system by applying the Mamdani Fuzzy Method. This method allows for more accurate calculation of watering duration by considering environmental factors such as temperature and soil moisture, which are often uncertain. The Mamdani Fuzzy Method consists of several stages, namely fuzzification, implication function, rule composition, and defuzzification, which can handle uncertainty in input data. In testing, this system demonstrated the ability to automatically and efficiently regulate watering duration, considering the medium pressure on the sprinkler that can cover an area of up to 30 meters. The test results showed that the maximum distance of the water jet that can be achieved ranges from 20 meters to 30 meters. This is in accordance with the characteristics of the sprinkler which has a maximum range of about 32 meters. With input values of 32°C and 60°C humidity, the defuzzification process yielded a final value of 3, or "Medium," reflecting the output of the water pump for 7 seconds for watering plants. Thus, the Mamdani Fuzzy-based plant watering system not only improves water efficiency but also offers a more adaptive solution to changing environmental conditions. This research is expected to contribute to the development of environmentally friendly and sustainable irrigation technology that can increase agricultural productivity.

Keywords: Duration; Watering; Water; Mamdani Fuzzy Method.

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini perkembangan teknologi sangat berkembang dengan pesat, khususnya bidang teknologi informasi. Dalam kehidupan manusia saat ini, hampir semua aspek kehidupan tidak terlepas dari peran sistem kendali, mulai dari peralatan-peralatan di rumah seperti AC, kulkas, televisi, pemanas air, peralatan kendaraan, peralatan kantor, dan sebagainya[1]. Semua peralatan memiliki sistem kendali di dalamnya dimaksudkan untuk memudahkan pekerjaan manusia, memberikan kenyamanan, keselamatan dan hasil kerja yang baik. Sistem kendali cerdas menggabungkan sistem kecerdasan buatan dengan teknologi kendali untuk menghasilkan sistem kendali cerdas yang memiliki kemampuan menangani ketidakpastian sistem[2].

Penyiraman tanaman merupakan suatu kegiatan yang perlu diperhatikan dalam melakukan pemeliharaan tanaman, dikarenakan tanaman memerlukan asupan air yang cukup untuk melakukan fotosintesis dalam memperoleh kebutuhannya untuk tumbuh dan berkembang. Selain itu pemberian air yang cukup merupakan faktor yang penting bagi pertumbuhan tanaman, karena air berpengaruh terhadap kelembaban tanah[3].

Alat penyiram tanaman adalah alat yang digunakan untuk menyiram tanaman yang digunakan secara otomatis yang memanfaatkan besarnya debit air dan putaran dari torsi untuk memancarkan air ke tempat tanaman. Pada alat penyiraman tanaman menggunakan tekanan untuk membentuk tetesan air yang mirip hujan ke permukaan tanah[4]. Alat ini akan bekerja secara otomatis pada area tanaman yang akan disirami air. Namun untuk mengetahui berapa lama alat penyiraman tanaman ini akan bekerja secara otomatis tidak diketahui maka menimbulkan kelebihan air pada

tanaman sehingga tanaman tersebut menjadi rusak dan mati. Selain itu efisiensi dan efektifitas dari penyiraman yang dilakukan terkait dengan penghematan penggunaan air yang dilakukan yang berujung rusak dan matinya tanaman tersebut[5], [6].

Masalah utama yang terjadi dalam sistem penyiraman otomatis tanaman adalah ketidakmampuan untuk menentukan durasi penyiraman yang tepat berdasarkan kebutuhan tanaman. Tanpa pengaturan durasi yang akurat, alat penyiram sering kali memberikan air dalam jumlah berlebihan, yang dapat menyebabkan kelebihan air pada tanah dan merusak sistem akar tanaman. Hal ini tidak hanya berisiko membunuh tanaman, tetapi juga mengakibatkan pemborosan air yang seharusnya bisa dimanfaatkan lebih efisien. Selain itu, ketidaktepatan dalam waktu penyiraman juga berpotensi mengganggu keseimbangan kelembaban tanah, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

Pentingnya penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis yang lebih efektif dan efisien dengan memanfaatkan teknologi kendali cerdas, khususnya Metode Fuzzy Mamdani. Metode ini dapat mengatasi ketidakpastian dalam perhitungan durasi penyiraman dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban tanah. Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi untuk mengoptimalkan penggunaan air, mengurangi pemborosan, dan memastikan tanaman mendapatkan asupan air yang cukup sesuai kebutuhan. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut maka dibutuhkan suatu sistem yang dapat menghitung durasi penyiram air dengan menerapkan metode Fuzzy Mamdani. Proses mamdani meliputi tahap fuzzifikasi, fungsi implikasi (Min), komposisi aturan dan defuzzifikasi. Dasar logika fuzzy teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut[7], [8].

Dalam proses pelaksanaan yang dilakukan kiranya perlu sebuah referensi sebagai pendukung dalam pelaksanaan penelitian. Referensi penelitian didapatkan berdasarkan dengan penelitian yang telah dilakukan terkait dengan metode fuzzy mamdani dimana metode tersebut dapat diimplementasikan dalam Strategi Pemasaran[9], Penyakit Demam Berdarah[10], Mengidentifikasi Kepribadian[11], Rekomendasi Jumlah Produksi[12] dan Mendiagnosa Anemia[13].

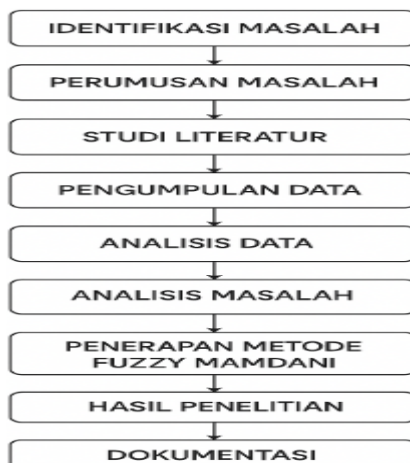
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis yang efisien dengan menerapkan Metode Fuzzy Mamdani. Sistem ini dirancang untuk menghitung durasi penyiraman secara otomatis dengan memperhitungkan variabel penting seperti suhu dan kelembaban tanah. Dengan menggunakan logika fuzzy, sistem diharapkan dapat menangani ketidakpastian dalam parameter-parameter yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman, sehingga durasi penyiraman dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang dinamis.

Hasil yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah sistem yang tidak hanya efisien dalam penggunaan air, tetapi juga efektif dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Dengan menghitung durasi penyiraman secara tepat, sistem diharapkan dapat mengurangi risiko pemborosan air yang dapat merusak tanaman dan lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi pada pengembangan sistem kendali cerdas dalam bidang pertanian, yang dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan penggunaan sumber daya air di masa depan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Kerja Penelitian

Kerangka kerja penelitian adalah struktur yang digunakan untuk merencanakan dan melaksanakan setiap tahapan dalam suatu penelitian. Tujuan dari kerangka kerja penelitian adalah untuk memberikan gambaran yang jelas dan sistematis mengenai alur proses yang akan dilakukan dari awal hingga akhir penelitian. Pada penelitian ini, kerangka kerja yang digunakan mengacu pada beberapa tahapan penting yang berfokus pada penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam perhitungan durasi penyiraman air. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Pada Gambar 1 dapat dilihat proses menggambarkan alur tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian mengenai Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk menghitung durasi penyiraman air.

2.2 Logika Fuzzy

Pada dasarnya logika fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan (fuzziness) dan kesamaan antara benar dan salah. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama [14], [15]. Logika fuzzy adalah suatu metode pemodelan dan pengambilan keputusan yang berfungsi untuk menangani ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam suatu sistem. Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal nilai benar atau salah, logika fuzzy memungkinkan representasi nilai di antara keduanya dengan menggunakan derajat keanggotaan antara 0 hingga 1. Dengan pendekatan ini, logika fuzzy banyak digunakan dalam sistem kendali, kecerdasan buatan, dan analisis data, karena mampu meniru cara manusia berpikir dalam menghadapi kondisi yang ambigu, tidak pasti, atau tidak terdefinisi secara tegas [16], [17].

2.3 Metode Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan [18], [19]:

a. Himpunan fuzzy Yang dibentuk

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

b. Fungsi Dari Implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

c. Komposisi Aturan

Terdapat 3 aturan pada metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

d. Penegasan (defuzzyfikasi) Adapun langkah-langkahnya [20], [21]:

1. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap- tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$sf[x_i] \max(sf[x_i], kf[x_i]) \quad (1)$$

2. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan [22], [23]:

$$sf[x_i] \min(1, sf[x_i] + kf[x_i]) \quad (2)$$

3. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan [24], [25]:

$$sf[x_i] (sf[x_i] + kf[x_i]) - (sf[x_i] * kf[x_i]) \quad (3)$$

4. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Masalah

Perkembangan teknologi informasi telah mempengaruhi banyak aspek kehidupan, termasuk dalam sistem kendali otomatis yang digunakan pada berbagai peralatan seperti AC, kendaraan, dan alat rumah tangga. Salah satu aplikasi teknologi ini adalah sistem penyiraman tanaman otomatis, yang membantu tanaman mendapatkan asupan air yang cukup untuk tumbuh dan berkembang. Namun, permasalahan muncul ketika durasi penyiraman tidak dihitung dengan tepat, yang dapat menyebabkan kelebihan air pada tanaman, berisiko merusak atau mematikannya.

Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sebuah sistem yang dapat menghitung durasi penyiraman secara otomatis dan efisien. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dapat menjadi solusi dengan memanfaatkan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dalam perhitungan durasi penyiraman. Melalui proses fuzzifikasi, fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi, sistem ini dapat menghitung durasi penyiraman yang lebih akurat, mengurangi pemborosan air, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyiraman tanaman.

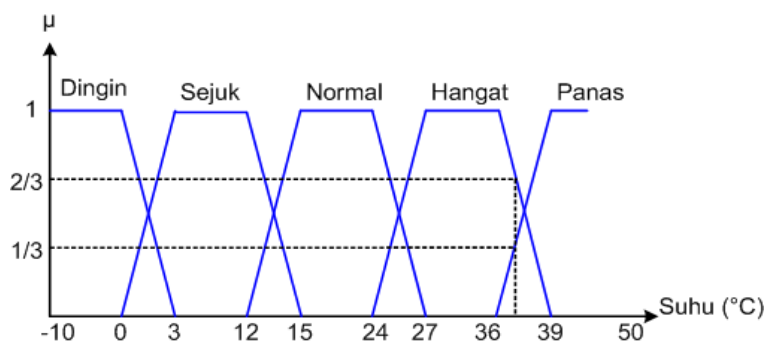
3.2 Pembahasan

Untuk proses penyiraman tanaman secara otomatis didasarkan atas suhu dan kelembaban yang nantinya akan di proses oleh mikrokontroler sebagai pemegang kendali. Untuk mengambil keputusan berdasarkan kondisi tanah. Mikrokontroler ini menggunakan metode mamdani dalam menentukan kondisi yang sesuai dengan yang diharapkan. Adapun langkah pengambilan keputusan dengan menggunakan metode mamdani adalah sebagai berikut :

a. Pembentukan himpunan fuzzy

1. Derajat Suhu

Variabel kondisi suhu pada tanah dibedakan menjadi lima bagian yaitu : dingin (15^0-25^0), Sejuk (20^0-30^0), normal (25^0-35^0), hangat (30^0-40^0), panas (35^0-50^0).

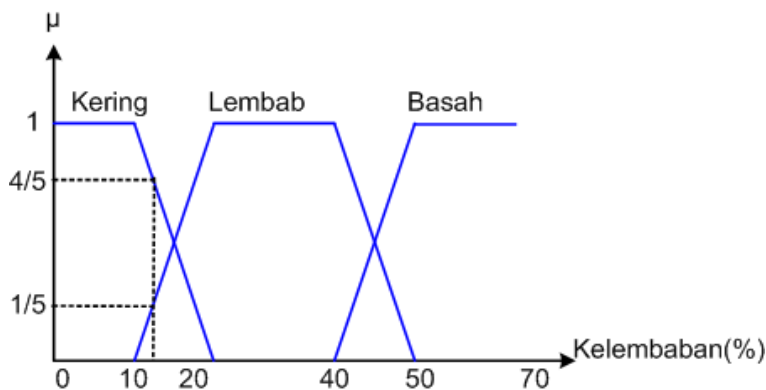


Gambar 1. Derajat Keanggota Suhu

Pada Gambar 1 menunjukkan derajat keanggotaan suhu dalam sistem kontrol berbasis logika fuzzy. Pada sistem ini, suhu dibagi menjadi beberapa kategori, "dingin", "sejuk", "normal", "hangat" dan "panas" dengan nilai keanggotaan yang berbeda-beda untuk setiap kategori berdasarkan input suhu yang terukur. Sistem ini membantu menentukan durasi penyiraman air yang sesuai berdasarkan suhu lingkungan yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman. Dengan menggunakan metode Mamdani, suhu yang terukur diinterpretasikan melalui fungsi keanggotaan yang memudahkan penentuan keputusan berbasis kondisi suhu tersebut.

2. Intensitas Kelembaban

Variabel kondisi kelembaban dibedakan menjadi 3 bentuk yakni : kering (0%-45%), Lembab (25%-75%), Basah (60%-100%).



Gambar 2. Gambar Derajat Keanggota Kelembaban

Pada Gambar 2 menggambarkan derajat keanggotaan kelembaban dalam sistem kontrol irigasi berbasis logika fuzzy. Kelembaban tanah dikategorikan dalam beberapa tingkat, seperti "kering," "normal," dan "basah," dengan nilai keanggotaan yang berbeda untuk masing-masing kategori. Fungsi keanggotaan ini memungkinkan sistem untuk menilai kondisi kelembaban tanah secara lebih tepat dan mengambil keputusan yang sesuai dalam menentukan durasi penyiraman. Penggunaan logika fuzzy dalam hal ini memungkinkan penyesuaian yang lebih halus terhadap kebutuhan air tanaman, berdasarkan keadaan kelembaban yang terukur.

3. Derajat Keanggotaan Output Pompa Air

Derajat keanggotaan output pompa air dalam pengaturan durasi penyiraman dibedakan atas 5 bagian yakni : sangat lama, lama, sedang, cepat, mati. Jarak nilai setiap variabel keputusan dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Mati = pompa
- 2) Cepat = pompa hidup 4 detik
- 3) Sedang = pompa hidup 7 detik
- 4) Lama = pompa hidup 9 detik
- 5) Sangat Lama = pompa hidup 12 detik

b. Membentuk Dasar Pengetahuan rule)

Pada perhitungan MIN (Minimum). Fungsi ini akan memotong output himpunan fuzzy. Rule atau aturan pada sistem ini adalah sebagai berikut :

1. Jika suhu dingin dan kelembaban kering maka pompa air = Cepat
2. Jika suhu sejuk dan kelembaban kering maka pompa air = Cepat
3. Jika suhu normal dan kelembaban kering maka pompa air = Sedang
4. Jika suhu hangat dan kelembaban kering maka pompa air = Lama
5. Jika suhu panas dan kelembaban kering maka pompa air = Sangat Lama
6. Jika suhu dingin dan kelembaban normal maka pompa air = Cepat
7. Jika suhu sejuk dan kelembaban normal maka pompa air = Cepat
8. Jika suhu normal dan kelembaban normal maka pompa air = Sedang
9. Jika suhu hangat dan kelembaban normal maka pompa air = Sedang
10. Jika suhu panas dan kelembaban normal maka pompa air = Lama
11. Jika suhu dingin dan kelembaban basah maka pompa air = Mati
12. Jika suhu sejuk dan kelembaban basah maka pompa air = Mati
13. Jika suhu normal dan kelembaban basah maka pompa air = Cepat
14. Jika suhu hangat dan kelembaban basah maka pompa air = Cepat
15. Jika suhu panas dan kelembaban basah maka pompa air = Sedang

Dengan penjelasan rule di atas, untuk kita proses dapat dilakukan dengan menggunakan data masukan sistem. contoh yang dibuat adalah masukan suhu sebesar 32 derajat celcius dan kelembaban tanah sebesar 60 RH. Didalam penentuan nilai keanggotaan adalah langkah pertama yang dilakukan setelah inputan diketahui. Untuk menentukan nilai keanggotaan, maka digunakan formula dalam penyelesaian masalah yakni :

$$G_Turun = (\text{NilaiMax} - \text{input}) / (\text{NilaiMax} - \text{NilaiMin}) ;$$

$$G_Naik = (\text{input} - \text{NilaiMin}) / (\text{NilaiMax} - \text{NilaiMin});$$

Dapat dilihat dari derajat keanggotaan suhu, bahwasanya input suhu 32 derajat terletak diantara derajat keanggotaan suhu normal dan suhu hangat. Sedangkan kelembaban 60 terletak diantara derajat keanggotaan sedang dan lembab.

Dikarenakan nilai 32 berada diantara normal dan hangat, maka perhitungan nilai keanggotaan sebagai berikut :

1. NilaiMax = 35
2. NilaiMin = 30
3. Input = 32
4. G_Turun = normal
5. G_Naik = hangat
6. Normal = $(35-32) / (35-30)$;
7. Normal = 0.6
8. Hangat = $(32-30) / (35-30)$;
9. Hangat = 0.4

Dikarenakan untuk nilai input 32 berada diantara normal dan hangat, maka nilai dingin, sejuk dan panas adalah 0. Sementara dalam perhitungan kelembaban udara yang memiliki nilai 60 RH yang terletak diantara derajat keanggotaan sedang dan lembab sebagai berikut :

1. NilaiMax = 69
2. NilaiMin = 45
3. Input = 60
4. G_Turun = sedang
5. G_Naik = lembab
6. Sedang = $(69-60) / (69-45)$;
7. Sedang = 0.375
8. Lembab = $(60-45) / (69-45)$;
9. Hangat = 0.625

Dikarenakan untuk nilai input 60 berada diantara Sedang dan lembab, maka untuk nilai Mati, Cukup dan Sangat Lembab adalah 0.

c. Mesin Inferensi

Setelah diketahui semua nilai keanggotaan dari suhu dna kelembaban udara, maka proses selanjutnya adalah aplikasi fungsi implikasi menggunakan metode MIN dari masing-masing aturan untuk menentukan nilai α dan konsekuensi rule untuk menentukan nilai z.

1. Jika suhu Dingin dan kelembaban Kering maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0) = 0$
 $z_k = 2$
 2. Jika suhu Sejuk dan kelembaban Kering maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0) = 0$
 $z_k = 2$
 3. Jika suhu Normal dan kelembaban Kering maka Pompa Air = Sedang
 $\alpha = \text{MIN} (0.6 ; 0) = 0$
-

- $z_k = 3$
4. Jika suhu Hangat dan kelembaban Kering maka Pompa Air = Lama
 $\alpha = \text{MIN} (0.4 ; 0) = 0$
 $z_k = 4$
5. Jika suhu Panas dan kelembaban Kering maka Pompa Air = Sangat Lama
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0) = 0$
 $z_k = 5$
6. Jika suhu Dingin dan kelembaban Normal maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0) = 0$
 $z_k = 2$
7. Jika suhu Sejuk dan kelembaban Normal maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0) = 0$
 $z_k = 2$
8. Jika suhu Normal dan kelembaban Normal maka Pompa Air = Sedang
 $\alpha = \text{MIN} (0.6 ; 0) = 0$
 $z_k = 3$
9. Jika suhu Hangat dan kelembaban Normal maka Pompa Air = Sedang
 $\alpha = \text{MIN} (0.4 ; 0) = 0$
 $z_k = 3$
10. Jika suhu Panas dan kelembaban Normal maka Pompa Air = Lama
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0) = 0$
 $z_k = 4$
11. Jika suhu Dingin dan kelembaban Basah maka Pompa Air = Mati
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0.375) = 0$
 $z_k = 1$
12. Jika suhu Sejuk dan kelembaban Basah maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0.375) = 0$
 $z_k = 1$
13. Jika suhu Normal dan kelembaban Basah maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0.6 ; 0.375) = 0.375$
 $z_k = 2$
14. Jika suhu Hangat dan kelembaban Basah maka Pompa Air = Cepat
 $\alpha = \text{MIN} (0.4 ; 0.375) = 0.375$
 $z_k = 2$
15. Jika suhu Panas dan kelembaban Basah maka Pompa Air = Sedang
 $\alpha = \text{MIN} (0 ; 0.375) = 0$
 $z_k = 3$

d. Penegasan (Defuzzifikasi)

Setelah diketahui dan didapatkan nilai implikasi dari masing-masing rule untuk setiap nilai α dan z , maka tahapan defuzzifikasi. Pada tahapan ini dilakukan suatu proses perhitungan dengan menggunakan metode rata-rata dengan persamaan

$z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i}$ untuk mendapatkan hasil penilaian dari Pompa Air, maka sebelum dilakukan proses perlu ditentukan terlebih dahulu variabel yang akan dijadikan sebagai rule antara lain :

1. Mati memiliki nilai 1
2. Cepat memiliki nilai 2
3. Sedang memiliki nilai 3
4. Lama memiliki nilai 4
5. Sangat lama memiliki nilai 5

Selanjutnya menghitung defuzzifikasi dengan menggunakan rumus rata-rata, dari perhitungan fungsi implikasi Min dari setiap rule maka dapat dilihat dari nilai α dan z yang memenuhi untuk perhitungan adalah rule 13 dan 14.

$$z = \frac{\alpha_{13} z_{13} + \alpha_{14} z_{14}}{\alpha_{13} + \alpha_{14}} \tag{4}$$

$$z = \frac{0.375 * 2 + 0.375 * 2}{0.375 + 0.375}$$

$$z = \frac{2.25}{0.75} = 3$$

Berdasarkan hasil proses penghitungan di atas, dengan nilai masukan suhu 32 dan kelembaban 60 RH setelah dilakukan proses defuzzifikasi dengan nilai akhir yang didapatkan sebesar 3 atau Sedang yang merupakan hasil keluaran dari Pompa Air selama 7 detik untuk proses menyiram tanaman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem penyiraman tanaman dapat diatur secara otomatis dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani, yang memperhitungkan dua variabel utama, yaitu suhu dan kelembaban tanah. Metode ini memungkinkan pengaturan durasi penyiraman yang lebih akurat dan efisien, dengan mempertimbangkan ketidakpastian yang ada pada parameter-parameter tersebut. Melalui proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi, sistem mampu memberikan keputusan yang tepat terkait durasi penyiraman, sehingga mengurangi risiko over-irrigation yang dapat merusak tanaman. Tekanan pada alat penyiraman yang digunakan dalam sistem ini adalah tekanan menengah, dengan jarak maksimum pancaran air yang dapat dicapai berkisar antara 20 meter hingga 30 meter. Hal ini sesuai dengan karakteristik alat sprinkler yang memiliki jangkauan maksimal sekitar 32 meter. Dengan nilai masukan suhu 32 dan kelembaban 60 RH setelah dilakukan proses defuzzifikasi dengan nilai akhir yang didapatkan sebesar 3 atau Sedang yang merupakan hasil keluaran dari Pompa Air selama 7 detik untuk proses menyiram tanaman. Dengan pengaturan ini, penyiraman tanaman dapat dilakukan secara efektif, mencakup area yang cukup luas tanpa membuang air secara berlebihan. Implementasi metode Fuzzy Mamdani dalam sistem penyiraman otomatis ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga memberikan solusi yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah, seperti suhu dan kelembaban tanah, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan hasil pertanian dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air.

REFERENCES

- [1] K. A. M. D. Prayoga and I. G. N. A. P. P., "Pengembangan Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis Berbasis ESP32 dengan RTC dan Blynk," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2025, doi: 10.38043/telsinas.v8i1.6020.
- [2] I. V. Sari, D. R. Darmayanti, C. Widiyari, W. Indani, and M. W. Sitopu, "Sistem Otomatis Penyiraman Dan Pemupukan Tanaman Tin Menggunakan Mikrokontroler Esp32," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4564.
- [3] P. Hawelayuda and A. Wag yana, "Development of Soil Moisture Monitoring System and Automatic Watering Based on Wsn With Lora Pengembangan Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah Dan Penyiraman Air Otomatis Berbasis Wsn Denga Lora," *Tesla J. Tek. Elektro*, vol. 26, no. 2, pp. 128–137, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.24912/tesla>
- [4] R. Alamsyah, E. Ryansyah, A. Y. Permana, and R. Mufidah, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Teknologi Internet of Things Berbasis Esp8266 Dan Aplikasi Blynk," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, pp. 862–868, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4007.
- [5] A. Ilyas *et al.*, "Penyiraman Sayuran Otomatis Berbasis Iot Dengan Arduino Iot Based Automatic Vegetable Watering With Arduino," *J. Ilm. Intech Inf. Technol. J. UMUSintech*, vol. 6, no. 1, pp. 25–35, 2024.
- [6] D. K. Nugraha, H. Setiawan, A. Pratama, and D. Karomah, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Air Otomatis untuk Kebun Tanaman Ruskus di Desa Karyawangi, Kabupaten Bandung Barat," *Madaniya*, vol. 5, no. 2, pp. 337–347, 2024, doi: 10.53696/27214834.764.
- [7] R. Mochamad Fabian, F. Rosela Sundari, and A. Adiwilaga, "Sistem Penentuan Harga Sewa Locker menggunakan Fuzzy Logic Mamdani," *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 85–93, 2025, doi: 10.58520/jddat.v4i2.79.
- [8] H. Munte, Apip Pramudyansyah, and Umryah, "Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dengan Fuzzy Sugeno Untuk Evaluasi Kinerja Karyawan (Studi Kasus: Firma Hukum XYZ)," *Comput. J. Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2024, doi: 10.24912/computatio.v8i1.11705.
- [9] W. Harma, F. Hadi, and D. Kartika, "Digitalisasi Bisnis dalam Strategi Pemasaran Maggot BSF pada Agribisnis Anak Nagari dengan Metode Fuzzy Mamdani," *J. KomtekInfo*, vol. 11, pp. 11–17, 2024, doi: 10.35134/komtekinfo.v11i1.497.
- [10] Thomas Andrew Imanzaghi, Henni Endah Wahanani, and Agung Mustika Rizki, "Implementasi Metode Fuzzy Mamdani pada Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Demam Berdarah," *Bridg. J. Publ. Sist. Inf. dan Telekomun.*, vol. 3, no. 1, pp. 01–20, 2025, doi: 10.62951/bridge.v3i1.378.
- [11] A. S. K. R. Nasution, Gunadi Widi Nurcahyo, and Agung Ramadhanu, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa," *J. KomtekInfo*, vol. 11, pp. 157–162, 2024, doi: 10.35134/komtekinfo.v11i3.567.
- [12] G. F. Tauhid, W. A. Wangni, R. D. Adinata, R. Dinargo, M. D. J. Saputra, and A. Rahman, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Rekomendasi Jumlah Produksi pada Industri Makanan Ringan," *J. Inov. Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 56–65, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.71200/inokom.v1i2.34>
- [13] Y. Supriadi and H. Suhendi, "Perancangan Sistem Pakar Mendiagnosa Anemia Menggunakan Metode Fuzzy," *JIRK (Journal Innov. Res. Knowledge)*, vol. 4, no. 5, 2024.
- [14] S. U. Filla and S. Suhardi, "Prototype Alat Pengatur Temperatur Ruang Kerja Pada Rumah Menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto Berbasis Iot," *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 68–77, 2024.
- [15] A. Maulana, "Penerapan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Keputusan Kelayakan Kredit Bank," *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 44–58, 2024, doi: 10.58520/jddat.v3i1.45.
- [16] Aristho umbu nggaba kaho, Arini Aha Pekuwali, and Leonard Marten Doni Ratu, "Sistem Pemantauan Kualitas Air Kolam Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Mengurangi Kematian Ikan Nila Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 3, pp. 783–791, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i3.1010.
- [17] R. Y. Adhitya, "Sistem Pengendalian Robot KRSRI Menggunakan Logika Fuzzy Sugeno Orde Nol," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 159–168, 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i1.4057.
- [18] M. Muharni, W. Awaliah, and D. F. Surianto, "Evaluasi Kinerja Karyawan PT. XYZ dengan Pendekatan Metode Fuzzy Mamdani," *Indones. Technol. Educ. J.*, vol. xx, no. xx, pp. 1–8, 2025, doi: 10.61255/itej.v3i1.567.
- [19] V. Karnadi, "Perancangan Sistem Cerdas Pemilihan Mobil Bekas Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *J. Sains Inform. Terap.*, vol. 4, no. 2, 2025.

- [20] M. N. Aslam, S. Surejo, and E. U. S. Utami, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam Prediksi Cuaca di Tegal," *J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 3, pp. 2574–2582, 2025.
- [21] T. M. Purba and P. Gultom, "Analisis Perbandingan Fuzzy Inference System Metode Mamdani dan Sugeno dalam Optimisasi Produksi Barang," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, pp. 4076–4088, 2024.
- [22] B. A. Hidayatullah, B. I. Nugroho, N. A. Santoso, and G. Gunawan, "Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto untuk Identifikasi Tingkat Serangan Penyakit pada Tanaman Bawang Merah," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 636–648, 2024, doi: 10.31004/innovative.v4i3.10506.
- [23] H. Triwi Bowo and A. Rahman, "Fuzzy Mamdani untuk Rekomendasi Produksi Beras Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus PT XYZ)," *J. Inov. Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–23, 2024, doi: 10.71200/inokom.v1i1.28.
- [24] K. Annatasia and M. Pita, "Penggunaan Metode Logika Fuzzy Mamdani untuk Menentukan Potensi Bakat dan Keterampilan Siswa," *JUKI J. Komput. dan Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 138–145, 2024.
- [25] T. K. Wutun, B. Deta, and A. N. Weking, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit pada Tanaman Kopi Berbasis Website Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani," *J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 3, pp. 2583–2593, 2025.