

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENENTUAN WAKTU PENGAIRAN SAWAH DI WADUK GONDANG LAMONGAN

Nuril Esti Khomariah¹, Putra Aditya Armanda²

^{1,2}Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru no. 45 Surabaya 60118

¹nuril@untag-sby.ac.id, ²putraadityafros@gmail.com

Abstract

So far, the water control system at the dam still uses a manual opening and closing system of water gates, which makes it less effective and efficient. The discharge of water issued is often not in accordance with the needs of the area of agricultural land, this causes the plants on agricultural land to not meet their water needs. So the need for a system that can schedule the distribution of water evenly and sufficiently on the land. Scheduling effective and efficient water distribution can be made based on the length of time for irrigation which is calculated using data on land area and water discharge given to the land. In this study using the fuzzy logic method for calculating the long time of irrigation. There are two input data used, namely the area of land and the amount of water discharge. Followed by the process of calculating the rule base and defuzzification process. The final result obtained is the length of time for irrigation (seconds) for each land in the case study area, namely the Wadok Gondang Lamongan.

Keywords: Fuzzy, Line Followers, ATMega328, Fuzzy Mamdani.

Abstrak

Selama ini sistem pengaturan air di bendungan masih menggunakan sistem buka tutup pintu air secara manual sehingga kurang efektif dan efisien. Debit air yang dikeluarkan sering tidak sesuai dengan kebutuhan luas lahan pertanian, hal ini menyebabkan tanaman pada lahan pertanian menjadi tidak tercukupi kebutuhan airnya. Sehingga perlunya suatu sistem yang dapat menjadwalkan pendistribusian air secara merata dan cukup pada lahan. Penjadwalan distribusi air yang efektif dan efisien dapat dibuat dengan berdasarkan lama waktu pengairan yang dihitung dengan menggunakan data luas lahan dan debit air yang diberikan pada lahan tersebut. Pada penelitian ini menggunakan metode fuzzy logic untuk proses perhitungan waktu lama pengairan. Data masukan yang dipakai ada dua yaitu luas lahan dan banyak debit air. Dilanjutkan dengan proses perhitungan basis aturan dan proses defuzzifikasi. Hasil akhir yang didapatkan adalah lama waktu pengairan (detik) untuk setiap lahan di area studi kasus yaitu Wadok Gondang Lamongan.

Kata kunci: Fuzzy, Sugeno, Irrigation, Penjadwalan.

1. PENDAHULUAN

Dalam 20 tahun terakhir, dengan sangat pesatnya perkembangan teknologi memberikan dampak yang signifikan bagi segala bidang. Teknologi sudah hampir diterapkan pada seluruh bidang seperti kesehatan, pertanian, peternakan, pendidikan, kebencanaan, pertahanan, dan sebagainya. Tujuan utama penggunaan teknologi adalah untuk memberikan luaran yang lebih mudah dan akurat dari pada pekerjaan yang

dilakukan oleh manusia pada umumnya.

Pemanfaatan teknologi dibidang pertanian menjadi populer akhir-akhir ini. Banyak sekali proses-proses pertanian yang dijalankan baik secara penuh atau setengahnya dengan teknologi. Hal ini menjadikan hasil dari proses tersebut lebih konstan[1] dan efektif karena berbiaya lebih rendah dan dapat berjalan 24 jam tiada henti. Selain itu pemilihan keputusan pada bidang pertanian juga mulai disisipi dengan teknologi[2]–[6]. Terdapat metode-metode tertentu yang diberikan data learning sehingga sistem dapat menentukan keputusan yang sama bahkan lebih baik dari pada keputusan yang ditentukan oleh manusia.

Salah satu permasalahan yang terjadi di bidang pengairan sawah adalah penentuan lama dari waktu pemberian air untuk setiap sawah. Parameter-parameter yang mengendalikan adalah luas dari setiap lahan tersebut dan jumlah debit airnya. Biasanya para petugas menentukan lama waktu pengairan dengan mempertimbangan dua parameter tersebut. Proses penentuan ini dilakukan tanpa rumus dan hanya menggunakan insting saja. Petugas membuka pintu air secara manual. Lalu ketika waktu pengairan[2], [7]–[9] sawah sudah berakhir maka pintu air[10] ditutup lagi secara manual oleh petugas. Sering kali debit air yang masuk ke suatu lahan persawahan tidak sesuai dengan kebutuhannya. Sehingga berakibat pada hasil panen yang kurang maksimal.

Maka dari itu pada penelitian ini akan dibuat suatu sistem pendukung keputusan dengan menggunakan metode Fuzzy Logic untuk membantu menentukan lama waktu pengairan sawah. Studi kasus diambil dari Waduk Gondang Lamongan. Parameter input diambil dari data real luas lahan sawah pada lokasi studi kasus, begitu juga untuk besar debit airnya. Hasil luaran dari penelitian ini adalah lama waktu pengairan untuk setiap lahan sawah di Waduk Gondang Lamongan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan & Perangkat Penelitian

Berisi bahan dan alat-alat yang digunakan dalam penelitian, baik perangkat lunak maupun perangkat keras.

Bahan Penelitian

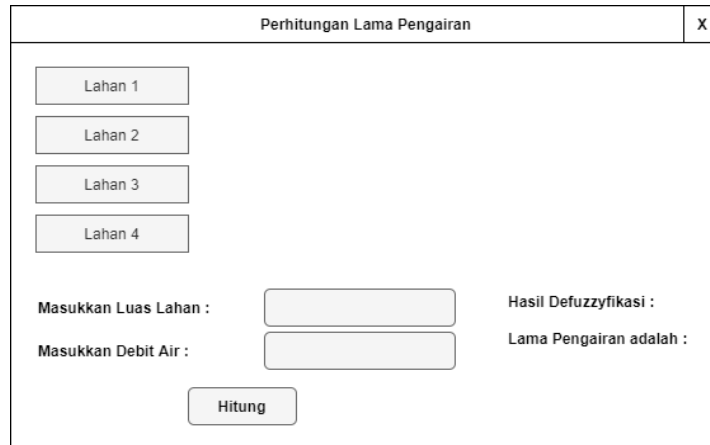
Pada penelitian ini menggunakan dataset irigasi sebagai variabel yang diambil dari Dinas PU SDA Kabupaten Lamongan, dengan menggunakan data pengairan Waduk Gondang yang berada di Kabupaten Lamongan. Dataset yang dipakai berupa luas lahan dengan satuan Hektar dan debit air yang diberikan dengan satuan Liter/detik.

Tabel 1. Bahan Penelitian

No	Nama Lahan	Luas Lahan	Debit Air
1	Lahan A	Ha	L/dtk
2	Lahan B	Ha	L/dtk
Dst.			

Perangkat Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan program python dengan library Tkinter untuk membuat aplikasi antarmuka atau biasa disebut GUI (Graphical User Interface) yang dapat memproses logika fuzzy dengan input-an luas lahan dengan satuan hektar (ha) dan debit air dengan satuan (l/s) untuk menghitung lama pengairan.



Gambar 1. Mockup Aplikasi

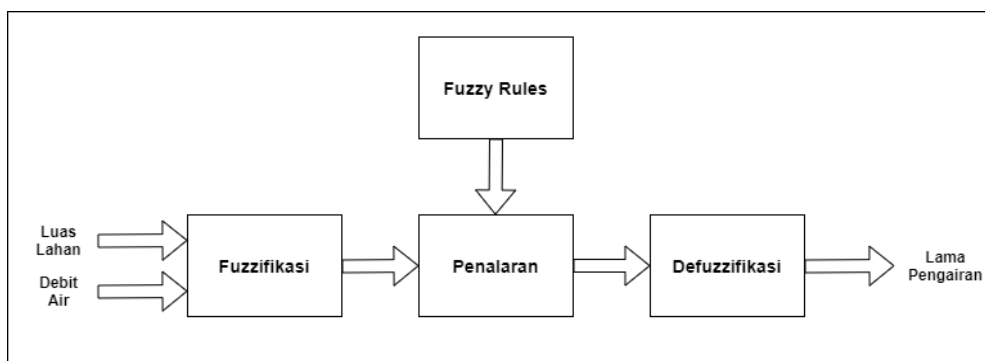
Pada aplikasi penghitung lama pengairan ini terdapat label luas lahan dan debit air, keduanya terdapat textbox yang dapat diisi dengan variabel nilai luas lahan dan debit air. Setelah memasukkan nilai luas lahan dan debit air, terdapat tombol 'Hitung' untuk memunculkan hasil defuzzyfikasi dan lama pengairan.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian menjelaskan tentang langkah-langkah dalam penelitian yang dilakukan secara terstruktur, runtut, dan sistematis.

Blok Diagram

Diagram blok adalah diagram yang menunjukkan keseluruhan proses dan fungsi yang dilakukan oleh setiap komponen. Diagram blok dibawah ini akan menggambarkan suatu sistem perhitungan lama pengairan.



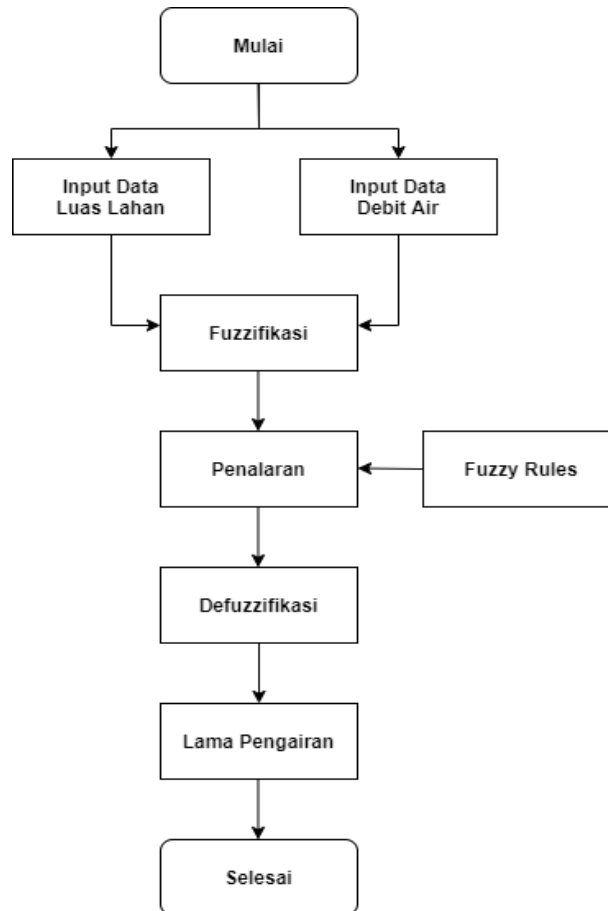
Gambar 2. Blok Diagram

Pada diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 2 menjelaskan proses perhitungan dengan input-an luas lahan & debit air. Input-an dari kedua variabel tersebut akan melalui proses fuzzyfikasi dan dilakukan penalaran dengan fuzzy rules

yang telah dibuat. Setelah dilakukan proses penalaran maka masuk ke proses defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai berupa lama pengairan. Hasil dari lama pengairan tersebut nantinya akan digunakan oleh petugas pintu air untuk membuat perencanaan irigasi tiap lahan dengan efektif dan efisien.

Flowchart

Flowchart adalah sebuah diagram yang menjelaskan alur proses dari sebuah program. Pada flowchart dibawah ini akan menjelaskan alur proses sistem perhitungan lama pengairan.



Gambar 3. Flowchart Sistem

Pada flowchart yang ditunjukkan oleh Gambar 3 adalah flowchart sistem perhitungan lama pengairan. Terdapat 2 data input yaitu data luas lahan dan data debit air yang diberikan. Kedua data tersebut akan masuk ke proses fuzzifikasi dan dilakukan penalaran dengan basis aturan yang telah ditentukan, setelah itu akan melalui proses defuzzifikasi untuk memperoleh nilai tegas berupa lama waktu pengairan.

Fuzzyfikasi

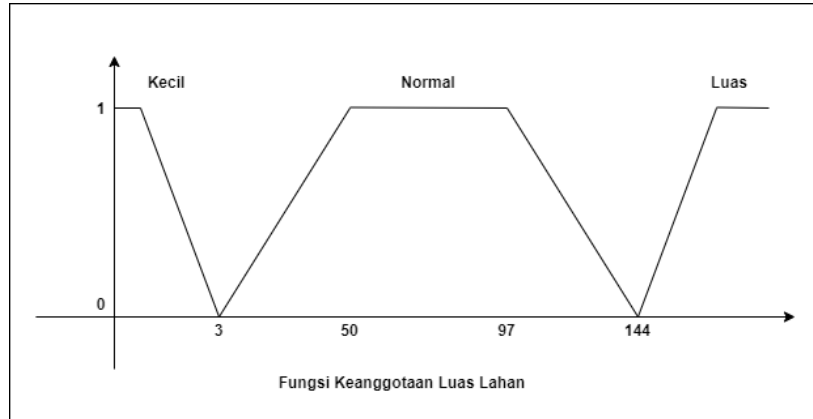
Pada penelitian ini menggunakan logika fuzzy dengan metode Sugeno. Pada metode sugeno output sistem tidak berupa himpunan fuzzy, dapat juga berupa persamaan linear atau konstanta. Metode Sugeno menggunakan singleton sebagai fungsi keanggotaan yaitu himpunan fuzzy yang fungsi keanggotaannya dapat berada di

luar titik tersebut.

Pada penyusunan himpunan fuzzy variabel input akan dikirimkan ke dalam himpunan Fuzzy untuk mendapatkan nilai-nilai tegas. Tahap berikutnya mendapatkan derajat dari nilai-nilai tersebut pada himpunan Fuzzy.

Fungsi Keanggotaan Luas Lahan

Fungsi keanggotaan dari luas lahan dapat dilihat pada Gambar 4. Dimana terdapat 3 kondisi yaitu kecil, normal dan luar.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Luas Lahan

Pada grafik keanggotaan terdapat 3 variabel linguistik yaitu kecil, normal, dan luas Setelah itu didefinisikan batas nilai tiap variabel.

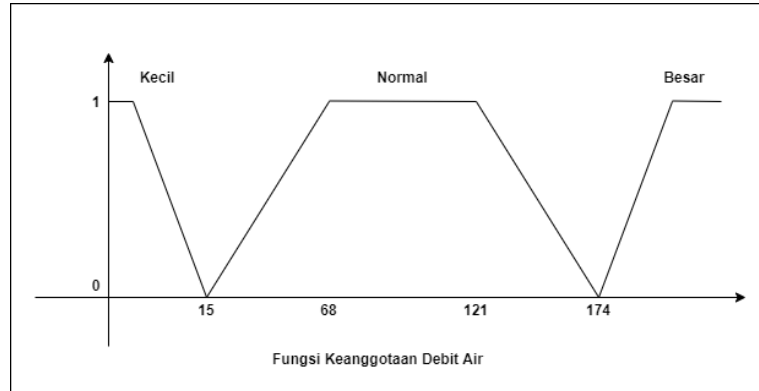
$$\mu_{\text{Kecil}} = \begin{cases} 1 & x \leq 3 \\ \frac{50-x}{47} & 3 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} \frac{x-3}{47} & 3 < x \leq 50 \\ \frac{97-x}{47} & 50 < x \leq 97 \\ \frac{144-x}{47} & 97 < x \leq 144 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Luas}} = \begin{cases} \frac{x-50}{47} & 50 < x \leq 97 \\ \frac{x-97}{47} & 97 < x \leq 144 \\ 1 & x \geq 144 \end{cases}$$

Fungsi Keanggotaan Debit Air

Fungsi keanggotaan untuk debit air dapat dilihat pada Gambar 5. Dimana terdapat 3 kondisi yaitu kecil, normal dan besar.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Debit Air

Pada grafik keanggotaan terdapat 3 variabel linguistik yaitu kecil, normal, dan besar. Setelah itu didefinisikan batas nilai tiap variabel.

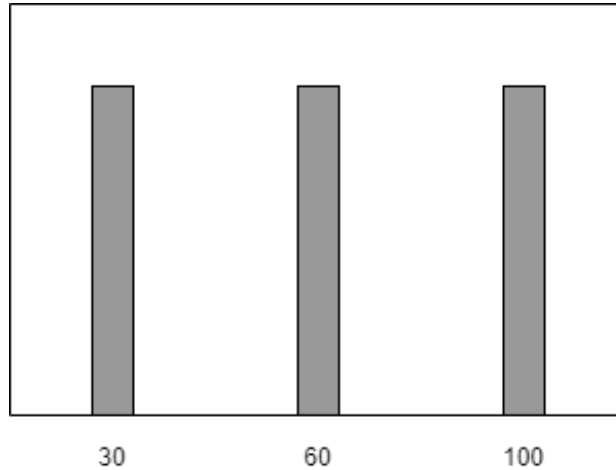
$$\mu_{\text{Kecil}} = \begin{cases} 1 & x \leq 15 \\ \frac{68-x}{53} & 15 < x \leq 68 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} \frac{x-15}{53} & 15 < x \leq 68 \\ \frac{121-x}{53} & 68 < x \leq 121 \\ \frac{174-x}{53} & 121 < x \leq 174 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Luas}} = \begin{cases} \frac{x-68}{53} & 68 < x \leq 121 \\ \frac{x-121}{53} & 121 < x \leq 174 \\ 1 & x \geq 174 \end{cases}$$

Fungsi Keanggotaan Lama Pengairan

Fungsi keanggotaan untuk lama pengairan dapat dilihat pada Gambar 6. Dimana terdapat 3 kondisi yaitu sebentar, normal dan lama.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Lama Pengairan

Pada grafik keanggotaan terdapat 3 variabel linguistik yaitu kecil, normal, dan luas. Setelah itu didefinisikan batas nilai tiap variabel.

Tabel 2. Lama Pengairan

No	Lama Pengairan	Batas Nilai
1	Sebentar	30 menit
2	Normal	60 menit
3	Lama	100 menit

Tabel 1 merupakan tabel keanggotaan lama pengairan, jika kurang dari 30 menit maka termasuk kategori sebentar; lebih dari 30 menit dan kurang atau sama dengan 90 menit termasuk kategori normal; dan lebih dari 90 menit termasuk kategori lama.

Aturan Dasar

Aturan dasar atau Rules Base adalah aturan yang berisi pernyataan-pernyataan logika fuzzy (fuzzy statement) yang berbentuk pernyataan IF-THEN.

Tabel 3. Aturan Dasar (Rule)

Rules	Fuzzy Input 1 (Luas Lahan)	Fuzzy Input 2 (Debit Air)	Fuzzy Output (Lama Pengairan)
1	Kecil	Kecil	Normal
2	Kecil	Normal	Sebentar
3	Kecil	Besar	Sebentar
4	Normal	Kecil	Lama
5	Normal	Normal	Normal
6	Normal	Besar	Sebentar
7	Luas	Kecil	Lama
8	Luas	Normal	Normal
9	Luas	Besar	Sebentar

Setelah dilakukan fuzzyfikasi untuk setiap masukan dan keluaran, selanjutnya membuat aturan dasar yang terdiri dari kumpulan aturan yang berbasis logika fuzzy untuk menyatakan suatu kondisi. Tabel dibawah ini terdapat 9 aturan dasar.

Tabel 4. Aturan Dasar (Rule) If Then

Rule	Kondisi
1	Jika luas lahan kecil dan debit air kecil maka lama pengairan normal
2	Jika luas lahan kecil dan debit air normal maka lama pengairan sebentar
3	Jika luas lahan kecil dan debit air besar maka lama pengairan sebentar
4	Jika luas lahan normal dan debit air kecil maka lama pengairan lama
5	Jika luas lahan normal dan debit air normal maka lama pengairan normal
6	Jika luas lahan normal dan debit air besar maka lama pengairan sebentar
7	Jika luas lahan luas dan debit air kecil maka lama pengairan lama
8	Jika luas lahan luas dan debit air normal maka lama pengairan normal
9	Jika luas lahan luas dan debit air besar maka lama pengairan besar

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengkonversi setiap hasil dari inference engine yang akan dirubah menjadi suatu bilangan real. Hasil dari proses implikasi akan menjadi inputan pada proses defuzzifikasi dan output dari proses defuzzifikasi adalah sebuah nilai. Pada metode Sugeno defuzzifikasi dilakukan melalui perhitungan Weight Average (WA).

Setelah dilakukan pengubahan data numerik menjadi himpunan anggota, pada tahapan defuzzifikasi data numerik yang telah memiliki derajat keanggotaan diolah kembali menjadi data numerik dengan rumus weight average atau mencari nilai rata – rata dari nilai yang dihasilkan. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$WA = \frac{a1 * z1 + a2 * z2 + \dots + an * zn}{a1 + a2 + \dots + an}$$

Keterangan:

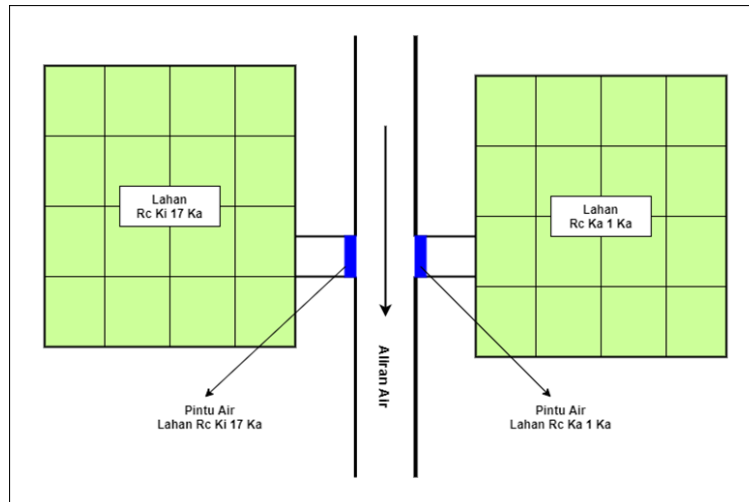
WA= Nilai rata-rata (weight average),

αn = nilai predikat aturan ke-n, dan

$z n$ = indeks nilai output (konstanta) ke-n

Desain Irigasi

Menjelaskan tentang desain irigasi berupa pembagian lahan, dan detail bangunan irigasi.



Gambar 7. Desain Irigasi Sawah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Fuzzy Logic

Pada bagian ini menjelaskan tentang baris kode aplikasi perhitungan lama pengairan setiap bagian.

Fungsi Keanggotaan

Di bagian ini menjelaskan tentang program yang berasal dari kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Luas lahan

Pada Gambar 8. adalah baris kode untuk fungsi keanggotaan luas lahan.

```
1 if lahan <= 3:  
2     lahan_rendah = 1  
3 elif lahan > 3 and lahan <= 50:  
4     lahan_rendah = (50 - lahan) / 47  
5     lahan_normal = (lahan - 3) / 47  
6 elif lahan > 50 and lahan <= 97:  
7     lahan_normal = (97 - lahan) / 47  
8     lahan_tinggi = (lahan - 50) / 47  
9 elif lahan > 97 and lahan <= 144:  
10    lahan_normal = (144 - lahan) / 47  
11    lahan_tinggi = (lahan - 97) / 47  
12 else:  
13    lahan_tinggi = 1
```

Gambar 8. Kode Program Fungsi Keanggotaan Luas Lahan

Debit Air

Pada Gambar 9 adalah baris kode untuk fungsi keanggotaan debit air.

```
1 if debit <= 15:  
2     debit_rendah = 1  
3 elif debit > 15 and debit <= 68:  
4     debit_rendah = (68 - debit) / 53  
5     debit_normal = (debit - 15) / 53  
6 elif debit > 68 and debit <= 121:  
7     debit_normal = (121 - debit) / 53  
8     debit_tinggi = (debit - 68) / 53  
9 elif debit > 121 and debit <= 174:  
10    debit_normal = (174 - debit) / 53  
11    debit_tinggi = (debit - 121) / 53  
12 else:  
13    debit_tinggi = 1
```

Gambar 9. Kode Program Fungsi Keanggotaan Debit Air

Rules

Pada Gambar 10 adalah baris kode untuk aturan dasar dengan variabel dari lama pengairan yaitu sebentar, sedang, dan lama.

```
1 sebentar = (lahan_rendah * debit_tinggi) + (lahan_normal * debit_tinggi)  
2           + (lahan_tinggi * debit_normal)  
3 sedang   = (lahan_normal * debit_normal) + (lahan_tinggi * debit_tinggi)  
4 lama     = (lahan_rendah * debit_rendah)
```

Gambar 10. Kode Program Aturan Dasar

Defuzzyfikasi

Pada Gambar 11 adalah baris kode untuk perhitungan nilai defuzzyfikasi dengan perhitungan nilai output dibagi dengan konstanta.

```
1 nilai_output = (sebutar * w_sebutar) + (sedang * w_sedang) + (lama * w_lama)  
2 konstanta = sebentar + sedang + lama  
3 nilai_defuzzyfikasi = (nilai_output / konstanta) * 60
```

Gambar 11. Kode Program Proses Defuzzyfikasi

Konversi Waktu

Pada Gambar 12 yang ditampilkan adalah potongan baris kode untuk mengonversi nilai defuzzyfikasi menjadi satuan waktu yaitu Jam, Menit, dan Detik.

```
nilai_detik = nilai_defuzzyfikasi * 60  
lama_pengairan = round(nilai_detik)  
jam = lama_pengairan // 3600  
sisa = lama_pengairan % 3600  
menit = sisa // 60  
detik = sisa % 60
```

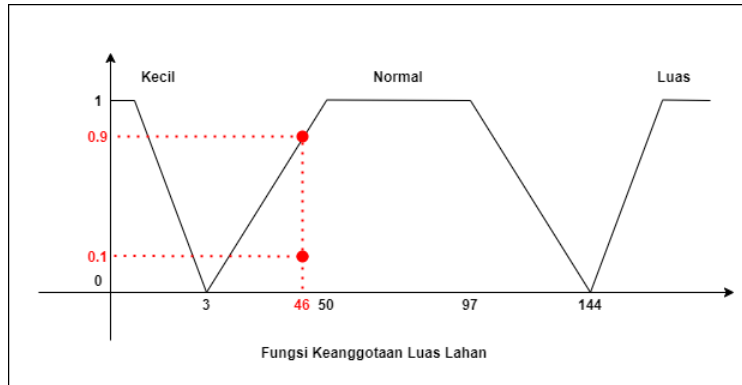
Gambar 12. Kode Program Konversi Waktu

Studi Kasus

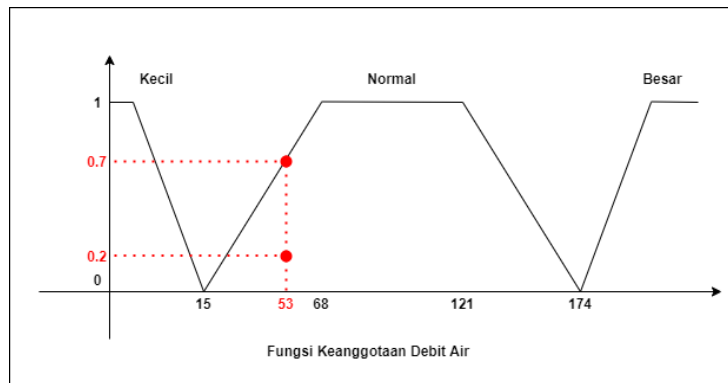
Pada studi kasus di penelitian ini menggunakan contoh perhitungan dari 5 lahan. Perhitungan ini juga ditampilkan screenshot output dari aplikasi perhitungan lama pengairan otomatis yang telah dibuat.

Perhitungan lama pengairan dengan studi kasus Lahan Rc Ki 1 Ka dengan input :

- a. Luas lahan = 46
- b. Debit air = 53



Gambar 13. Nilai x pada Fungsi Keanggotaan Luas Lahan



Gambar 14. Nilai y pada Fungsi Keanggotaan Debit Air

Langkah-langkah perhitungan :

- a. Menentukan Nilai Fungsi Keanggotaan

- Luas lahan

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Lahan kecil} &= \frac{(50-46)}{47} \\ &= 0,085106 \\ \text{Lahan normal} &= \frac{(46-3)}{47} \\ &= 0,914894 \\ \text{Lahan luas} &= 0 \end{aligned}$$

- Debit air

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Debit kecil} &= \frac{(68-53)}{53} \\ &= 0,283019 \\ \text{Debit normal} &= \frac{(53-15)}{53} \\ &= 0,716981 \\ \text{Debit besar} &= 0 \end{aligned}$$

b. Menentukan Nilai Linguistik

Sebentar

$$\text{Sebentar} = (\text{lahan kecil} * \text{debit besar}) + (\text{lahan normal} * \text{debit besar}) + (\text{lahan luas} * \text{debit normal})$$

$$\text{Sebentar} = (0,085106 * 0) + (0,914894 * 0) + (0 * 0,716981)$$

$$\text{Sebentar} = 0$$

Sedang

$$\text{Sedang} = (\text{lahan normal} * \text{debit normal}) + (\text{lahan luas} * \text{debit besar})$$

$$\text{Sedang} = (0,914894 * 0,716981) + (0 * 0)$$

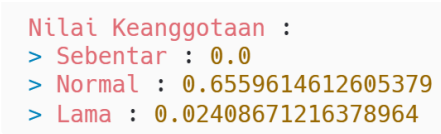
$$\text{Sedang} = 0,655961$$

Lama

$$\text{Lama} = (\text{lahan kecil} * \text{debit kecil})$$

$$\text{Lama} = (0,085106 * 0,283019)$$

$$\text{Lama} = 0,024087$$



```

    Nilai Keanggotaan :
    > Sebentar : 0.0
    > Normal : 0.6559614612605379
    > Lama : 0.02408671216378964
    
```

Gambar 15. Screenshot Luaran Sistem

Pada studi kasus ini, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan manual dan perhitungan sistem memiliki hasil yang sama.

c. Fungsi Keanggotaan Lama Pengairan

Terdapat 3 variabel linguistik dari fungsi keanggotaan lama pengairan yaitu sebentar, normal, dan lama.

d. Defuzzyfikasi

$$WA = \frac{a1 * z1 + a2 * z2 + \dots + an * zn}{a1 + a2 + \dots + an}$$

$$\begin{aligned} WA &= \\ &= \frac{(\text{Sebentar} * W_{\text{Sebentar}}) + (\text{Normal} * W_{\text{Normal}}) + (\text{Lama} * W_{\text{Lama}})}{\text{Sebentar} + \text{Cukup} + \text{Lama}} \end{aligned}$$

$$WA = \frac{(0 \times 30) + (0,655961 \times 60) + (0,024087 \times 100)}{(0 + 0,655961 + 0,024087)}$$

$$WA = 61,41676505$$

Defuzzyfikasi :
 > 41.76635889201123 / 0.6800481734243276
 > 61.41676505312868

Gambar 16. Screenshot Luaran Sistem

Pada studi kasus ini, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan manual dan perhitungan sistem memiliki hasil yang sama.

e. Konversi Waktu

$$WA = 61,41676505 \times 60 \text{ Detik}$$

$$WA = 3685,005903 \text{ Detik}$$

Lama pengairan Rc Ki 1 Ka adalah = 1 Jam, 1 Menit, 25 Detik

Defuzzyfikasi (Detik) : 3685.005903187721 Detik
 Lama Pengairan adalah : 1 Jam, 1 Menit, 25 Detik

Gambar 17. Screenshot Luaran Sistem

Pada studi kasus ini, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan manual dan perhitungan sistem memiliki hasil yang sama. Nilai dari lama pengairan adalah 3685 detik atau 1 jam, 1 menit, 25 detik.

Penjadwalan Pengairan

Pada tabel perbandingan perhitungan digunakan untuk membandingkan nilai dari hasil perhitungan manual dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi penghitung lama pengairan otomatis

Tabel 5. Hasil Uji Coba Perhitungan Manual dan Program Sistem

No	Nama Lahan	Luas Lahan	Debit Air	Manual	Program	Selisih	Error (%)
1	Rc Ki 1 Ka	46	53	61,41676505	61,41676505	0	0
2	Rc Ki 2 Ka 1	25	30	89,6875	89,6875	0	0
3	Rc Ki 2 Ka 2	86	102	47,25812927	47,25812927	0	0
4	Rc Ki 3 Ki	61	73	51,47330389	51,47330389	0	0
5	Rc Ki 4 Ki	38	45,5	68,07476636	68,07476636	0	0
6	Rc Ki 5 Ka	55	66	56,80851064	56,80851064	0	0
7	Rc Ki 6 Ki	29	35	82,85243199	82,85243199	0	0
8	Rc Ki 7 Ka	24	29	91,00917431	91,00917431	0	0
9	Rc Ki 9 Ki	62	74	50,67844239	50,67844239	0	0
10	Rc Ki 10 Ka	60	72	52,31633882	52,31633882	0	0
11	Rc Ki 11 Ki	46	55	61,1738149	61,1738149	0	0

12	Rc Ki 12 Ki	56	67	56,17021277	56,17021277	0	0
13	Rc Ki 13 Ki	80	96	45,23484544	45,23484544	0	0
14	Rc Ki 14 Ka	60	72	52,31633882	52,31633882	0	0
15	Rc Ki 15 Ki	30	36	81,2096106	81,2096106	0	0
16	Rc Ki 16 Ki	51	61	59,36170213	59,36170213	0	0
17	Rc Ki 17 Ka	90	108	50,36531513	50,36531513	0	0
18	Rc Ka 1 Ka	40	48	65,62983814	65,62983814	0	0
19	Rc Ka 2 Ka	52	62,5	58,72340426	58,72340426	0	0
20	Rc Ka 3 Ka	25	30	89,6875	89,6875	0	0
21	Rc Ka 4 Ka	100	120	32,40867122	32,40867122	0	0
22	Rc Ka 5 Ka	70	84	45,88518667	45,88518667	0	0
23	Rc Ka 5 Ki	65	78	48,37816138	48,37816138	0	0
24	G 13 Ki	33	49,5	69,3219711	69,3219711	0	0

Penjadwalan lahan yang dituliskan dibawah ini menunjukkan lama pengairan setiap lahan sebanyak 24 lahan secara detail dengan satuan jam, menit, dan detik.

Tabel 6. Konversi Hasil dari Detik ke Jam

No	Nama Lahan	Lama Pengairan
1	Rc Ki 1 Ka	1 Jam, 1 Menit, 25 Detik
2	Rc Ki 2 Ka 1	1 Jam, 29 Menit, 41 Detik
3	Rc Ki 2 Ka 2	0 Jam, 47 Menit, 15 Detik
4	Rc Ki 3 Ki	0 Jam, 51 Menit, 28 Detik
5	Rc Ki 4 Ki	1 Jam, 8 Menit, 4 Detik
6	Rc Ki 5 Ka	0 Jam, 56 Menit, 49 Detik
7	Rc Ki 6 Ki	1 Jam, 22 Menit, 51 Detik
8	Rc Ki 7 Ka	1 Jam, 31 Menit, 1 Detik
9	Rc Ki 9 Ki	0 Jam, 50 Menit, 41 Detik
10	Rc Ki 10 Ka	0 Jam, 52 Menit, 19 Detik
11	Rc Ki 11 Ki	1 Jam, 1 Menit, 10 Detik
12	Rc Ki 12 Ki	0 Jam, 56 Menit, 10 Detik
13	Rc Ki 13 Ki	0 Jam, 45 Menit, 14 Detik
14	Rc Ki 14 Ka	0 Jam, 52 Menit, 19 Detik
15	Rc Ki 15 Ki	1 Jam, 21 Menit, 13 Detik
16	Rc Ki 16 Ki	0 Jam, 59 Menit, 22 Detik
17	Rc Ki 17 Ka	0 Jam, 50 Menit, 22 Detik
18	Rc Ka 1 Ka	1 Jam, 5 Menit, 38 Detik
19	Rc Ka 2 Ka	0 Jam, 58 Menit, 43 Detik
20	Rc Ka 3 Ka	1 Jam, 29 Menit, 41 Detik
21	Rc Ka 4 Ka	0 Jam, 32 Menit, 25 Detik
22	Rc Ka 5 Ka	0 Jam, 45 Menit, 53 Detik
23	Rc Ka 5 Ki	0 Jam, 48 Menit, 23 Detik
24	G 13 Ki	1 Jam, 9 Menit, 19 Detik

Tampilan Aplikasi

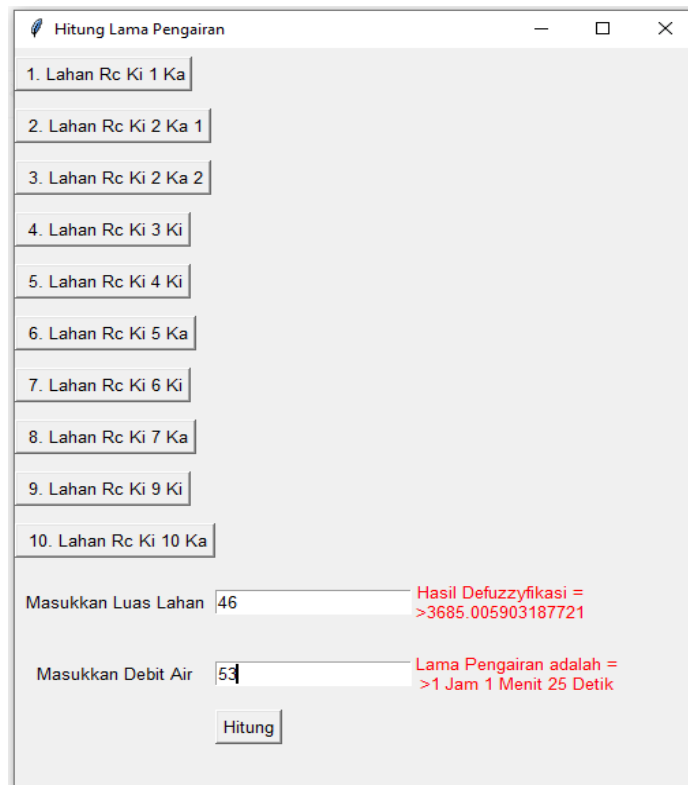
Tampilan aplikasi GUI ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python dengan library Tkinter. Pada tampilan aplikasi terdapat daftar lahan yang sementara sudah dimasukkan ke dalam aplikasi. Ke-10 lahan ini adalah lahan yang sudah pasti dan tetap pada sistem irigasi di Waduk Gondang Lamongan. Namun, jika nantinya terdapat data baru yang belum di daftarkan dapat dihitung dengan memasukkan kedua variabel inputan.

Black Box Testing

Pada pengujian kali ini menggunakan black box testing tipe functional testing untuk menguji fungsi dari aplikasi penghitung lama pengairan. Pada 5 modul yang diujikan, semua modul mendapatkan hasil yang sesuai dengan keluaran yang diharapkan. Sehingga semua fungsi dari aplikasi penghitung lama pengairan dapat berjalan sebagaimana mestinya.

Tabel 7. Black Box Testing

No	Modul yang diuji	Prosedur pengujian	Keluaran yang diharapkan	Hasil yang didapat	Kesimpulan
1	Input variabel 1	Input nilai luas lahan	Nilai luas lahan	Nilai luas lahan	Tercapai
2	Input variabel 2	Input nilai debit air	Nilai debit air	Nilai debit air	Tercapai
3	Daftar button lahan	Menekan setiap nama button lahan	Menampilkan hasil nilai lama pengairan	Menampilkan hasil nilai lama pengairan	Tercapai
4	Button hitung	Menekan button hitung	Menampilkan hasil nilai lama pengairan	Menampilkan hasil nilai lama pengairan	Tercapai
5	Output hasil	Menampilkan output hasil	Nilai lama pengairan	Nilai lama pengairan	Tercapai



Gambar 18. Tampilan Hasil GUI Aplikasi

4. SIMPULAN

Dari hasil rancangan dan pengujian maka dapat diambil beberapa point

kesimpulan sebagai berikut :

1. Logika fuzzy dapat diterapkan untuk penentuan lama irigasi, dengan menggunakan logika fuzzy metode sugeno. Nilai input berdasarkan dari variabel luas lahan dan debit air. Setelah lama pengairan didapatkan hasil yang didapat akan menjadi data untuk petugas penjaga pintu air Waduk Gondang dan pihak Dinas PU.SDA Lamongan untuk mengatur irigasi.
2. Data lama pengairan dapat digunakan sebagai acuan atau tolak ukur untuk membuat penjadwalan irigasi. Data ini dapat juga dipakai oleh petani yang mempunyai lahan persawahan dan perkebunan untuk menjadi referensi waktu efektif mengairi lahan.
3. Perhitungan berasal dari nilai luas lahan dengan fungsi keanggotaan kecil, normal, dan luas dan debit air dengan fungsi keanggotaan kecil, normal, dan besar. Data tersebut akan dilakukan proses fuzzyfikasi dengan dengan rules yang sudah tersedia, selanjutnya akan dilakukan defuzzyfikasi dengan metode weight average untuk mendapatkan nilai lama pengairan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Candra, F. Farida, and H. Sulaiman, "RICE OF INTENSIFICATION SYSTEM BASED ON MICROCONTROLLER-BASED RICE OF INTENSIFICATION," *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, vol. 10, no. 2, pp. 62–68, Oct. 2022, doi: 10.21063/jtif.2022.V10.2.62-68.
- [2] Amrin Rosada, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, and Gembong Edhi Setyawan, "Sistem Irigasi Pada Sawah Bertingkat Menggunakan Wireless Sensor Network," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 4, pp. 3971–3977, 2019.
- [3] Bintang Nur Laksana, Karina Auliasari, and Hani Zulfia Zahro, "PERBANDINGAN PENERAPAN METODE FUZZY SUGENO DAN SUKAMOTO PADA SISTEM IRIGASI AIR SAWAH," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, no. 2, pp. 676–683, 2021.
- [4] Dodi Yudo Setyawan, Lia Rosmalia, Nurfiana, and Nurjoko, "Perancangan Sistem Irigasi Tanaman dalam Greenhouse Berbasis Internet of Things (IoT)," *TEKNIKA*, vol. 17, no. 1, pp. 101–108, 2023.
- [5] Abdul Haris and Rosida Nur Aziza, "Pengembangan Teknologi Smart Powerplant Untuk Mendukung Sistem Irigasi Lahan Kering menggunakan Metode Learning Vector Quantization," *KILAT (Jurnal Ilmu Kajian dan Teknologi)*, vol. 9, no. 2, pp. 192–200, 2020.
- [6] I. K. D. A. Oka, B. P. W. Nirmala, and M. A. P. Putra, "Model IoT Berbasis Fuzzy Tsukamoto Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis," *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 18, no. 2, p. 141, Jul. 2022, doi: 10.35889/progresif.v18i2.923.
- [7] R. Syelly, I. Hati, I. Laksmana, and S. Rozi, "Model Konseptual Sistem Irigasi Padi Sawah Otomatis Menggunakan Arduino Berbasis Android," *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 17, no. 2, p. 51, Aug. 2021, doi: 10.35889/progresif.v17i2.647.
- [8] Saskia Eka Cahyani, Tatang Rohana, and Santi Arum Puspita Lestari, "Implementasi fuzzy logic pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis IoT," *INFOTECH: Jurnal Informatika & Teknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 37–46, Mar. 2023, doi: 10.37373/infotech.v4i1.496.
- [9] A. F. Daru, W. Adhiwibowo, and A. M. Hirzan, "Model Pemantau Kelembaban dan Irigasi Sawah Otomatis Berbasis Internet of Things," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 119–127, Aug. 2021, doi: 10.34010/komputika.v10i2.4515.
- [10] Y. S. Handayani and A. Kurniawan, "Rancang Bangun Prototipe Pengendali Pintu Air

Berbasis SMS (Short Message Service) Untuk Pengairan Sawah Menggunakan Arduino,”
JURNAL AMPLIFIER : JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER, vol.
10, no. 2, pp. 34–41, Nov. 2020, doi: 10.33369/jamplifier.v10i2.15330.