

PENERAPAN *FUZZY LOGIC* MENGGUNAKAN METODE *SUGENO* DAN *TSUKAMOTO* UNTUK MENGONTROL SUHU AC

M. Raihan Ramadhani Isworo¹, M. Fihris Aldama², Rayya Ruwa'im Nafie³, Putri Dwi Agnesya⁴, Anggraini Puspita Sari⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Informatika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

¹21081010106@student.upnjatim.ac.id,

²21081010110@student.upnjatim.ac.id,

³21081010119@student.upnjatim.ac.id,

⁴21081010142@student.upnjatim.ac.id

*Corresponding author email: anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi suhu yang optimal dari sistem pendingin udara (AC) berdasarkan data suhu di suatu ruangan dan jumlah orang yang ada di dalamnya. Data suhu dan jumlah orang yang berada di dalam suatu ruangan akan digunakan sebagai input untuk melakukan prediksi suhu AC. Kemudian, hasil prediksi dari kedua metode akan dianalisis dan dibandingkan dengan nilai suhu aktual yang diukur secara real-time untuk menentukan tingkat akurasi masing-masing metode. Berdasarkan hasil penelitian, metode Fuzzy Tsukamoto dinilai lebih akurat dibandingkan dengan metode Fuzzy Sugeno dalam melakukan prediksi suhu AC. Hal ini dikarenakan pendekatan metode Fuzzy Tsukamoto yang menggunakan implikasi fuzzy "min" dan "max" memberikan fleksibilitas yang lebih baik dalam menghasilkan nilai output yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah.

Kata Kunci— fuzzy tsukamoto, fuzzy sugeno, AC, fuzzy, prediksi suhu.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi berkembang dengan sangat pesat, penggunaannya pun memudahkan pekerjaan manusia. Salah satu teknologi yang sudah banyak dipakai oleh berbagai kalangan yaitu AC (Air Conditioner). Penggunaan suatu teknologi dapat terjadi pemborosan apabila tidak digunakan dengan efisien dan akan berdampak pada lingkungan. Dalam upaya mengatasi pemborosan energi untuk meningkatkan efisiensi pengoperasian AC, maka teriptanya inovasi pengoperasian AC secara otomatis menggunakan metode fuzzy. Penggunaan metode fuzzy ini untuk mengendalikan sistem supaya lebih akurat dan adaptif sesuai keadaan.

Dalam konteks ini, metode fuzzy Tsukamoto dan Sugeno muncul sebagai algoritma yang populer dan efektif dalam memprediksi suhu optimal pengaturan AC. Metode fuzzy Tsukamoto adalah metode yang menggunakan aturan-aturan fuzzy untuk memodelkan hubungan antara variabel input dan

output, sementara metode fuzzy Sugeno menggunakan fungsi-fungsi non-linier untuk menggambarkan hubungan tersebut.

Dalam laporan ini, kami akan melakukan prediksi suhu AC dengan menerapkan metode fuzzy Tsukamoto dan Sugeno. Kami akan menggunakan data historis suhu lingkungan dan jumlah orang sebagai variabel masukan, serta suhu optimal pengaturan AC sebagai variabel keluaran. Metode fuzzy Tsukamoto dan Sugeno memungkinkan kita untuk memodelkan tingkat keanggotaan dan aturan-aturan yang kompleks antara suhu ruangan, jumlah orang, dan suhu AC. Dengan memanfaatkan pengetahuan yang tersimpan dalam bentuk aturan-aturan fuzzy dan fungsi-fungsi matematis, kami akan mengembangkan model prediksi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan suhu AC.

Tujuan laporan ini yaitu untuk memberikan pemahaman dan pengetahuan mengenai penggunaan metode fuzzy Tsukamoto dan Sugeno dalam prediksi suhu AC. Diharapkan laporan ini dapat memberikan wawasan dan panduan bagi rekan-rekan penelitian, perancang sistem kontrol, dan pengguna AC untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi pemborosan energi yang disebabkan oleh pengaturan suhu yang tidak optimal..

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Tahap pertama adalah pengumpulan data yang diperlukan untuk mengontrol suhu ruang. Data yang dikumpulkan meliputi:

- 1) *Suhu Ruang*: Data suhu ruang akan menjadi variabel input utama dalam Fuzzy Logic. Data ini dapat diperoleh dari sensor suhu yang terpasang di ruangan yang akan diprediksi.
- 2) *Suhu Luar Ruang*: Data suhu luar ruang juga merupakan faktor penting dalam prediksi suhu ruang. Data ini dapat diperoleh dari stasiun cuaca terdekat atau sensor suhu eksternal.

3) *Orang dalam Ruangan*: Jumlah orang yang berada dalam ruangan juga dapat mempengaruhi suhu ruang. Data ini dapat diperoleh melalui penghitungan manual atau menggunakan sensor kehadiran.

B. Perancangan Logika Fuzzy

1) *Metode Sugeno*: Pilih Variabel Linguistik: Identifikasi variabel linguistik yang akan digunakan dalam Fuzzy Logic, seperti suhu ruang (Input), suhu luar ruang (Input), dan tingkat pendinginan (Output).[7]

Fungsi Keanggotaan: Tentukan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel linguistik. Misalnya, variabel suhu ruang dapat memiliki fungsi keanggotaan "rendah", "sedang", dan "tinggi".[5]

Aturan IF-THEN: Tentukan aturan IF-THEN berdasarkan pengetahuan ahli tentang sistem yang akan diprediksi. Misalnya, "IF suhu ruang rendah AND suhu luar ruang tinggi THEN tingkat pendinginan rendah".[6]

Konsekuensi: Setiap aturan IF-THEN pada metode *Sugeno* memiliki konsekuensi berupa fungsi linier. Konsekuensi ini akan menghasilkan bobot numerik yang akan digunakan dalam perhitungan.[4]

2) *Metode Tsukamoto*: Pilih Variabel Linguistik: Identifikasi variabel linguistik yang akan digunakan dalam Fuzzy Logic, seperti suhu ruang (Input), suhu luar ruang (Input), dan tingkat pendinginan (Output).[13]

Fungsi Keanggotaan: Tentukan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel linguistik. Misalnya, variabel suhu ruang dapat memiliki fungsi keanggotaan "rendah", "sedang", dan "tinggi". Aturan IF-THEN: Tentukan aturan IF-THEN berdasarkan pengetahuan ahli tentang sistem. Misalnya, "IF suhu ruang rendah AND suhu luar ruang tinggi THEN tingkat pendinginan tinggi".[14]

Konsekuensi: Setiap aturan IF-THEN pada metode *Tsukamoto* memiliki konsekuensi berupa fungsi non-linier yang menggambarkan hubungan.[1]

C. Implementasi Logika Fuzzy

Setelah merancang Fuzzy Logic dengan metode *Sugeno* dan *Tsukamoto*, langkah selanjutnya adalah kami mengimplementasikan logika ini dalam bentuk kode atau algoritma komputer. Kami memilih bahasa pemrograman yang sesuai, seperti Python, yang mendukung operasi Fuzzy Logic. Kami mengimplementasikan fungsi keanggotaan, aturan IF-THEN, dan konsekuensi yang kami tentukan sebelumnya ke dalam kode.[2]

D. Evaluasi dan Analisis Hasil

Kami menggunakan data suhu ruang, suhu luar ruang, dan jumlah orang dalam ruangan yang telah kami kumpulkan sebagai input untuk sistem *Fuzzy Logic*. Kami membandingkan hasil prediksi suhu ruang yang diberikan oleh *Fuzzy Logic* dengan metode *Sugeno* dan *Tsukamoto* dengan nilai sebenarnya yang kami ketahui. Kami mengevaluasi kinerja sistem dengan

menggunakan matrik evaluasi yang sesuai, seperti root mean square error atau mean absolute error (MAE), untuk menentukan seberapa baik prediksi suhu ruang dari *Fuzzy Logic*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dataset dan Himpunan Fuzzy

Pada Project ini kelompok kami mengambil judul *Logika Fuzzy* untuk Mengontrol Suhu AC Berdasarkan suhu suatu ruangan dan banyaknya orang yang terdapat di ruangan tersebut. Kelompok kami mengimplementasikan *Logika Fuzzy* menggunakan dua sub-metode yaitu *Fuzzy Sugeno* dan *Fuzzy Tsukamoto* dengan program menggunakan bahasa python. Berikut ini adalah contoh sampel dataset dari total 100 data dari dataset:

Suhu Ruang	Jumlah Orang	Temperatur AC
10	2	26
20	4	23
30	6	20
15	1	28
25	8	18
35	3	16
12	5	24
22	7	21
18	9	17

B. Implementasi Fuzzy

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah kami lakukan, implementasi *Fuzzy Sugeno* dapat digunakan untuk memprediksi temperatur AC dengan parameter suhu ruangan dan jumlah orang. Berikut ini merupakan uraian implementasi *Fuzzy Sugeno* kami :

1) Mendefinisikan Library:

Sugeno:

```
import numpy as np
import pandas as pd
import math
import skfuzzy as fuzz
from skfuzzy import control as ctrl
import matplotlib.pyplot as plt
```

Tsukamoto :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import skfuzzy as fuzz
```

Penjelasan :

- Library *numpy* digunakan dalam operasi perhitungan dan manipulasi array secara efisien.
- Library *pandas* : library yang digunakan untuk analisis data dan manipulasi data.
- Library *math* : menyediakan fungsi-fungsi matematika dasar di Python, yang dimana dapat mengakses fungsi-fungsi matematika seperti perhitungan nilai absolut.[10]
- Library *SkFuzzy* : menyediakan alat-alat untuk logika *Fuzzy* dan sistem *Fuzzy*. Metode *Fuzzy* yaitu pengendalian yang menggunakan aturan-aturan berbasis linguistik untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengambilan keputusan[11]
- Library *Matplotlib* :digunakan untuk membuat visualisasi grafik seperti membuat grafik batang, grafik garis, histogram, dan berbagai jenis visualisasi lainnya.

2) Variabel linguistic:

```
temperature = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 41, 1), 'temperature')
person = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 11, 1), 'person')
ac_temperature = ctrl.Consequent(np.arange(16, 31, 1), 'ac_temperature')
```

Variabel "temperature" akan memiliki himpunan linguistik dengan batasan dari 0 hingga 40. Kemudian variabel "person" memiliki himpunan linguistik dengan batasan dari 0 hingga 10. Variabel "ac_temperature" akan memiliki himpunan linguistik dengan batasan dari 16 hingga 30.[12]

3) Pendefinisian Anggota:

```
temperature['cold'] = fuzz.trapmf(temperature.universe, [0, 0, 10, 20])
temperature['medium'] = fuzz.trapmf(temperature.universe, [10, 20, 22, 30])
temperature['hot'] = fuzz.trapmf(temperature.universe, [22, 30, 40, 40])

person['empty'] = fuzz.trapmf(person.universe, [0, 0, 2, 3])
person['medium'] = fuzz.trapmf(person.universe, [2, 3, 5, 6])
person['crowded'] = fuzz.trapmf(person.universe, [5, 6, 10, 10])
```

```
ac_temperature['output_low'] = fuzz.trimf(
    ac_temperature.universe, [16, 20, 24])
ac_temperature['output_medium'] = fuzz.trimf(
    ac_temperature.universe, [22, 24, 26])
ac_temperature['output_high'] = fuzz.trimf(
    ac_temperature.universe, [24, 28, 30])
```

Kode diatas menentukan himpunan linguistik untuk setiap variabel linguistik yang telah dibuat sebelumnya. Hal tersebut menjelaskan bahwa semakin tinggi keanggotaan pada himpunan "cold". Jika suhu yang berada di antara 10 dan 30 memiliki tingkat keanggotaan maksimum pada himpunan "medium". Pada temperature['hot'] semakin tinggi suhu, semakin tinggi keanggotaan pada himpunan "hot". Begitu juga dengan yang lainnya.[8]

4) Perhitungan:

Sugeno :

```
# Mendefinisikan rule Sugeno
rule1 = ctrl.Rule(temperature['cold'] &
    person['empty'], ac_temperature['output_high'])
rule2 = ctrl.Rule(temperature['cold'] &
    person['medium'], ac_temperature['output_medium'])
rule3 = ctrl.Rule(temperature['cold'] &
    person['crowded'], ac_temperature['output_medium'])
rule4 = ctrl.Rule(temperature['medium'] &
    person['empty'], ac_temperature['output_high'])
rule5 = ctrl.Rule(temperature['medium'] &
    person['medium'], ac_temperature['output_medium'])
rule6 = ctrl.Rule(temperature['medium'] &
    person['crowded'], ac_temperature['output_low'])
rule7 = ctrl.Rule(temperature['hot'] &
    person['empty'], ac_temperature['output_medium'])
rule8 = ctrl.Rule(temperature['hot'] &
    person['medium'], ac_temperature['output_low'])
rule9 = ctrl.Rule(temperature['hot'] &
    person['crowded'], ac_temperature['output_low'])

# Membuat Control System (kumpulan rules)
ac_ctrl = ctrl.ControlSystem(
    [rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9])
ac = ctrl.ControlSystemSimulation(ac_ctrl)
```

Penjelasan : Penggunaan aturan-aturan diatas untuk melakukan inferensi *Fuzzy*, yaitu mengubah input (suhu dan jumlah orang) menjadi output (pengaturan AC). Aturan-aturan ini menggambarkan hubungan logis antara variabel input dan output, yang digunakan untuk mengambil keputusan kontrol berdasarkan kondisi yang diberikan.[3]

Tsukamoto

```
# Fuzzy inference menggunakan Tsukamoto
def Fuzzy_inference(temperature_value, person_value):
    # Menghitung derajat keanggotaan
    temperature_degree = dict()
    for term, membership in temperature_membership.items():
        temperature_degree[term] = fuzz.interp_membership(
            temperature, membership, temperature_value)

    person_degree = dict()
    for term, membership in person_membership.items():
        person_degree[term] = fuzz.interp_membership(
            person, membership, person_value)

    # Menghitung Firing Strength untuk setiap anggota
    firing_strength = dict()
    for t in temperature_membership.keys():
        for p in person_membership.keys():
            firing_strength[(t, p)] = min(
                temperature_degree[t], person_degree[p])

    # Menghitung weighted average pada Temperatur AC
    numerator = 0
    denominator = 0
    for (t, p), strength in firing_strength.items():
        ac_membership = ac_temperature_membership['high'] *
        == 'cold') *
        (p == 'empty') + ac_temperature_membership['medium'] *
        (t == 'medium') * (p == 'medium')
        ac_temperature_membership['low'] *
        (t == 'hot') * (p == 'crowded')
        numerator += strength * np.sum(ac_temperature
        ac_membership)
        denominator += strength * np.sum(ac_membership)

    # Menghitung output crisp
    if(denominator != 0):
        ac_temperature_output = numerator / denominator
    else:
        ac_temperature_output = numerator

    return ac_temperature_output
```

Penjelasan :

Fungsi *Fuzzy Inference* diatas melakukan inferensi *Fuzzy* dengan metode *Tsukamoto* berdasarkan input suhu dan jumlah orang, dan menghasilkan output crisp (nilai Temperatur AC) berdasarkan aturan-aturan *Fuzzy* yang telah ditentukan sebelumnya.[15]

5) Prediksi Keakuratan Data Set:

```
# variabel
hasil_prediksi = []
jumlah_prediksi_benar = 0
total_prediksi = 0
# Compute the fuzzy system
for data in dataset_ac_prediction:
    total_prediksi += 1
    ac.input['temperature'] = data['temperature']
    ac.input['person'] = data['person']
    ac.compute()

    output = round(ac.output['ac_temperature'])
    prediksi_asli = data['ac']

    status_prediksi = prediksi_asli == output
    if(status_prediksi):
        jumlah_prediksi_benar += 1
    hasil_prediksi.append([data['temperature'], data['person'], data['ac'], output, status_prediksi])

print('Presentase Keakuratan Prediksi :')
print(f'{(jumlah_prediksi_benar/total_prediksi*100) %}')
df = pd.DataFrame(hasil_prediksi, columns=['Temperature', 'Person', 'AC', 'Prediction', 'Status'])
df
```

Kode diatas melakukan prediksi menggunakan sistem kontrol *Fuzzy* pada setiap data dalam dataset dan mencatat hasil prediksi, menghitung jumlah prediksi yang benar, dan menampilkan data frame yang berisi hasil prediksi tersebut.[9]

C. Hasil Perbandingan

Berikut ini adalah hasil perbandingan akurasi program *Fuzzy* dengan metode *Sugeno* dan *Tsukamoto* terhadap data set. Program *Fuzzy* metode *Sugeno* dihasilkan keakuratan prediksi 91.25%, sedangkan Program metode *Tsukamoto* dihasilkan

: keakuratan prediksi 58.75%. Maka dari itu, program *Sugeno* lebih sesuai digunakan untuk memprediksi suhu AC dengan parameter suhu ruangan dan jumlah orang.

1) Sugeno :

No	Temp	Person	AC	Pred	Status
1	10	2	27	27	TRUE
2	20	4	24	24	TRUE
3	30	6	20	20	TRUE
...
78	13	1	27	27	TRUE
79	26	8	22	20	FALSE
80	28	10	20	20	TRUE

Persentase keakuratan prediksi = 91,25%

2) Tsukamoto :

No	Temp	Person	AC	Pred	Status
1	10	2	27	27	TRUE
2	20	4	24	24	TRUE
3	30	6	20	20	TRUE
...
78	13	1	27	27	TRUE
79	26	8	22	20	FALSE
80	28	10	20	20	TRUE

Persentase keakuratan prediksi = 58,75%

IV. PENUTUP

Dalam project kami yang lakukan ini, prediksi suhu AC lebih akurat dengan menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* daripada menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Hal tersebut didukung dengan adanya perbandingan keakuratan, *Sugeno* menghasilkan keakuratan sekitar 91.25%, sedangkan program metode *Tsukamoto* menghasilkan keakuratan prediksi 58.75%. Dengan menggunakan parameter suhu ruangan dan jumlah orang sebagai input, sistem kontrol *Fuzzy* menggunakan metode *Sugeno* mampu menghasilkan keluaran yang mendekati nilai yang sebenarnya atau aktual. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Sugeno* dapat menghasilkan prediksi suhu AC yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

REFERENSI

- [1] Aditya Yuda, M., Muhamad Radzi, R., & Tonny, S. (2020). *IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO UNTUK RANCANG BANGUN SISTEM NOTIFIKASI KONDISI ANGIN DAN SUHU BERBASIS ANDROID* (Doctoral dissertation, Universitas Maritim Raja Ali Haji).
- [2] Alhihi, M., & Khosravi, M. R. (2018). *Formulizing the fuzzy rule for takagi-sugeno model in network traffic control*. *The Open Electrical & Electronic Engineering Journal*, 12(1), 1-11.
- [3] Amalia, S., Andari, R., & Syukriansyah, R. (2020). *Studi Pemodelan Sistem Pengendalian Suhu Ruangan Berbasis Logika Fuzzy Sugeno*. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(2), 175-180.
- [4] Bakhtiar, Y. (2020). *Rancang Bangun Alat Pengering Pakaian Otomatis Menggunakan Metode Logika Fuzzy Sugeno Pada Ruang Jemuran* (Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta).
- [5] Faizal, A. A., Agus, A., Miefihawati, N. P., Mulyono, M., Kurniawan, R., Safitri, E., ... & Rahmadeni, R. (2023). *Direct Torque Control (DTC) Design With Fuzzy Sugeno-Proportional Derivative for 3-Phase Induction Motor Speed Control*. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 10(1), 111-120.
- [6] Haadi, M. S., Sugiono, B. S. R., Argeshwara, D. K., Shidiqi, M. A., Arrohman, M. L., Wirawan, I. M., ... & Witjoro, A. (2023). *Sistem Kontrol Tungku Api Otomatis Untuk Proses Pasteurisasi Susu Berbasis Logika Fuzzy Sugeno*. *Techno. Com*, 22(1), 89-96.
- [7] Harahap, R. L. (2022). *Implementasi Metode Fuzzy Sugeno Untuk Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berdasarkan Suhu Udara Dan Kelembaban Tanah* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara).
- [8] Hugo, Y. S. (2020). *Rancang Bangun Alat Pengatur Suhu Ruangan Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Takagi Sugeno* (Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta).
- [9] Mujiarto, Djohar, A., Komaro, M., Mohamed, M. A., Rahayu, D. S., Sanjaya, W. S. M., Mamat, M., Sambas, A & Subiyanto. (2019). *Colored object detection using 5 dof robot arm based adaptive neuro-fuzzy method*. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 13(1), 293-299.
- [10] Nasution, V. M., & Prakarsa, G. (2020). *Optimasi Produksi Barang Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani*. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(1), 129-135.
- [11] Rizal, M. (2022). *Implementasi fuzzy inference system Sugeno berbasis Arduino untuk pengendali suhu ruangan* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- [12] Sihananto, A. N., Sari, A. P., Khariono, H., Fernanda, R. A., & Wijaya, D. C. M. (2022). *Implementasi Metode K-Means Untuk Pengelompokan Kasus Covid-19 Tingkat Provinsi Di Indonesia*. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 3(1), 76-85.
- [13] Situmorang, E., & Rindari, F. (2019). *Decision Support System For Selection Of The Best Doctors In Sari Mutiara Hospital Using Fuzzy Tsukamoto Method*. *Jurnal Teknik Informatika CIT*, 11(2, Septemb), 45-50.
- [14] Sunardi, S., Yudhana, A., & Furizal, F. (2022). *Optimasi Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruangan di Kota Yogyakarta Menggunakan Metode Fuzzy*. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), 1749-1759.
- [15] Wahyuni, E. G. (2021). *Membandingkan Tingkat Efisiensi Metode Tsukamoto dan Sugeno untuk kasus Pneumonia*. *Jurnal CoreIT*, 7(2).