

ARTIFICIAL INTELLIGENCE
“ PERANCANGAN MESIN CUCI OTOMATIS MENGGUNAKAN
FUZZY MAMDANI ”



Nama : ZULI YANTI
NIM : 09011182025014
Kelas : SK5B

Dosen Pengampuh:
PROF. DR. IR. SITI NURMAINI, M.T.

PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

I. PENDAHULUAN

Kebersihan merupakan suatu hal yang patut menjadi perhatian dalam kehidupan manusia. Masalah kebersihan menjadi sesuatu yang cukup kompleks dalam kehidupan manusia, terutama tentang kebersihan pakaian sebagai wujud nyata dari kepribadian manusia itu sendiri. Zaman dahulu, mencuci dilakukan dengan cara mengosok, menyikat, memeras dan membilas sehingga membutuhkan banyak tenaga, tetapi sekarang proses mencuci sebagian besar dilakukan dengan menggunakan mesin pencuci.

Perkembangan teknologi pada saat ini mulai bergeser kepada otomatisasi sistem kendali dengan campur tangan manusia dalam jumlah yang sangat kecil. Manusia semakin dimanjakan dengan semakin banyaknya penemuan yang mengarah pada sistem otomatisasi pada hampir semua peralatan mulai dari yang sederhana sampai yang paling kompleks. Didukung oleh pesatnya perkembangan sistem komputer yang semakin canggih, sistem kendali otomatis juga mengalami perkembangan yang signifikan.

Seiring dengan perkembangan teknologi, mesin cuci yang pada awalnya dikendalikan oleh manusia, lambat laun dikendalikan oleh sebuah rangkaian kendali otomatis yang dalam pengoperasiannya sepenuhnya dilakukan oleh sistem komputer dengan acuan dan aturan-aturan yang mirip digunakan oleh manusia untuk mengendalikan mesin cuci. Sistem kendali mesin cuci otomatis pertama kali digunakan di Jepang. Pada saat itu di tanam kecerdasan seperti manusia pada tiap mesin pencuci agar bisa mengenali jenis pakaian, tingkat noda pakaian, dan lain sebagainya, diantaranya menggunakan metode inferensi logika fuzzy . Ada tiga metode dalam sistem inferensi logika fuzzy yang dapat digunakan untuk menentukan lama waktu pencucian, yaitu: metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno . Penjelasan mengenai ketiga metode tersebut adalah sebagai berikut:

- (1) **Metode Tsukamoto.** Pada metode Tsukamoto, setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan- himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk menentukan nilai output crisp/hasil yang tegas (Z) dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Cara ini disebut dengan metode defuzzifikasi (penegasan). Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam metode Tsukamoto adalah metode defuzzifikasi rata-rata terpusat (Center Average Defuzzyfier).
- (2) **Metode Mamdani (Min-Max).** Untuk metode ini pada setiap aturan yang berbentuk implikasi (“sebab”-akibat) antaseden yang berbentuk Konjungsi (AND)

mempunyai keanggotaan berbentuk minimum (min), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimal (max), karena himpunan aturan- aturannya bersifat independen (tidak saling bergantung).

- (3) **Metode Takagi-Sugeno.** Metode Takagi-Sugeno adalah metode dengan mengasumsikan suatu sistem dengan m input, yaitu x_1, x_2, \dots, x_m dan satu output, yaitu Y . Metode fuzzy dari sistem ini terdiri atas basis aturan dengan n aturan penarikan kesimpulan fuzzy.

II. DASAR TEORI

a. Logika Fuzzy

Konsep tentang logika fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962. Logika fuzzy adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, embedded system, jaringan PC, multi- channel atau workstation berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol . Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk”, dan lain- lain. Oleh karena itu, semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika fuzzy kemungkinan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya

b. Variable Fuzzy

Variabel Fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem Fuzzy. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

c. Himpunan Fuzzy

Himpunan Fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel Fuzzy. Contoh : Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan Fuzzy, yaitu: Muda, Parobaya, dan Tua.

Himpunan Fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: Muda, Parobaya, Tua.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

d. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel Fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Contoh: Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: [0-40]

e. Domain

Domain himpunan Fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan Fuzzy.

Contoh domain himpunan Fuzzy: Muda = [0, 45]

f. Fungsi Keanggotaan

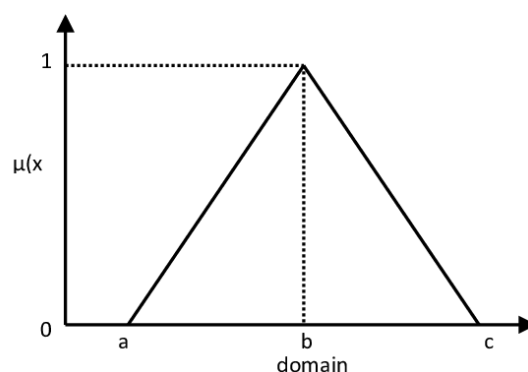
Fungsi keanggotaan (member function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1 . Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah menggunakan pendekatan fungsi.

1) Fungsi keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan yang mempunyai parameter a,b,c dengan formulasi segitiga,

$$\mu(x; a, b, c) = \max \left\{ \min \left\{ \frac{(x - a)}{(b - a)}, \frac{(c - x)}{(c - b)} \right\}, 0 \right\}$$

Fungsi Keanggotaan :



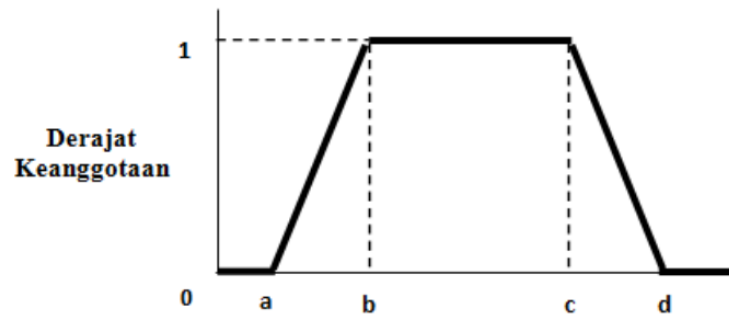
$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

2) Fungsi keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan yang mempunyai parameter a,b,c,d dengan formulasi Trapesium

$$(x; a; b, c) = \max \left\{ \min \left\{ \frac{(x-a)}{(b-a)}, 1, \frac{(d-x)}{(d-c)} \right\}, 0 \right\}$$

Fungsi Keanggotaan:



$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c \leq x \leq d \end{cases}$$

g. Metode Center of gravity

Metode ini adalah metode paling populer dan banyak digunakan pada aplikasi sesungguhnya. Metode ini biasa disebut juga centroid method atau center of area. Nilai keluaran metode ini dihitung dari jumlah hasil kali antara luasan wilayah dari fungsi keanggotaan yang ada pada fuzzy output dengan masing-masing centroid point (titik tengah) yang bersesuaian kemudian dibagi dengan jumlah luasan area fungsi keanggotaan yang ada pada fuzzy output. Metode Center of gravity adalah sebuah

teknik matematis yang digunakan untuk menemukan lokasi yang paling baik untuk suatu titik distribusi yang dapat meminimalkan biaya distribusi.

$$y^* = \frac{\sum y\mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)}$$

III. TUJUAN PROJECT

Tujuan penelitian yang akan dilakukan, yakni menganalisis penerapan Logika Fuzzy Inferensia untuk tujuan mengotomatisasi sistem kendali waktu pencucian dengan campuran manusia yang sangat kecil. Dengan menggunakan metodologi pengembangan sistem berbasis prototyping. Data yang diambil dari penelitian ini adalah tipe kekotoran pakaian dan jenis kain/pakaian. Hasil dari penelitian ini adalah menghasilkan rata-rata lama waktu pencucian pada mesin cuci berdasarkan tipe pakaian dan jenis kotoran pakaian menggunakan Metode Mamdani dengan sembilan aturan pendefinisian pengujian.

IV. IDENTIFIKASI KASUS

Mesin cuci merupakan peralatan rumah tangga yang sudah menjadi kebutuhan sehari-hari, keberadaanya sangat membantu kegiatan mencuci yang bila dilakukan secara manual akan sangat menguras tenaga dan menghabiskan banyak waktu. Proses pencucian pada mesin cuci konvensional, waktu dari masing-masing proses pengerjaan diatur oleh pengguna. Meskipun fleksibel, namun sulit untuk menentukan waktu yang tepat. Sebagian besar orang tidak memperhatikan jenis dan kualitas kain, jenis kotoran dan jumlah kotoran, akan membutuhkan waktu mencuci yang tidak sama. Jika waktu yang diatur tidak sesuai maka hasil pencucian menjadi tidak maksimal. Sebaliknya, jika waktu mencuci yang diatur terlalu lama, maka akan terjadi pemborosan waktu dan energi. Logika Fuzzy digunakan untuk tujuan mengotomatisasi sistem kendali waktu pencucian dengan campuran manusia yang sangat kecil, menggunakan metodologi pengembangan sistem berbasis prototyping. Data yang diambil dari penelitian ini adalah tingkat kekotoran dan jenis kotoran Pakaian. Hasil dari penelitian ini adalah menghasilkan rata-rata lama waktu pencucian pada mesin cuci berdasarkan tipe kain dan jenis kotoran pakaian menggunakan Metode Mamdani dengan sembilan aturan proposisi fuzzy dalam pendefinisian pengujian.

V. METODE PENELITIAN

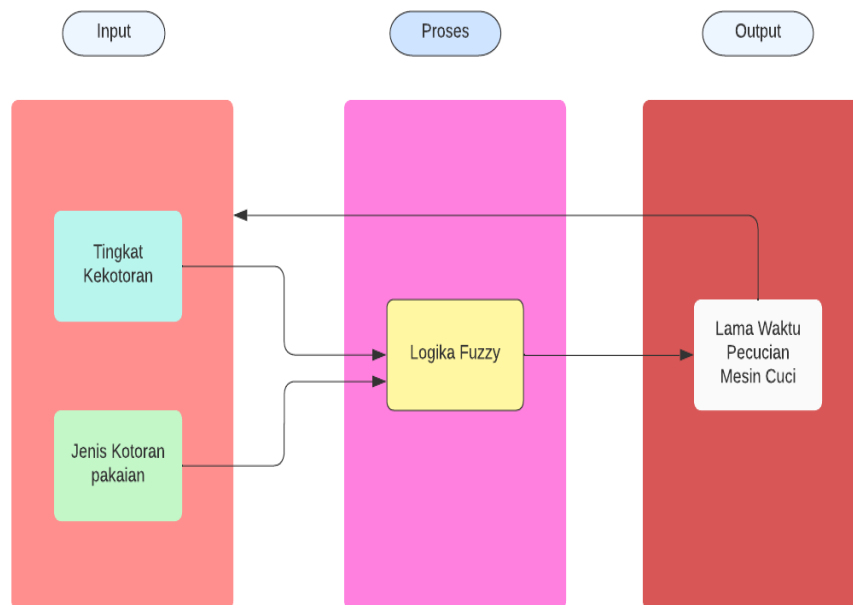
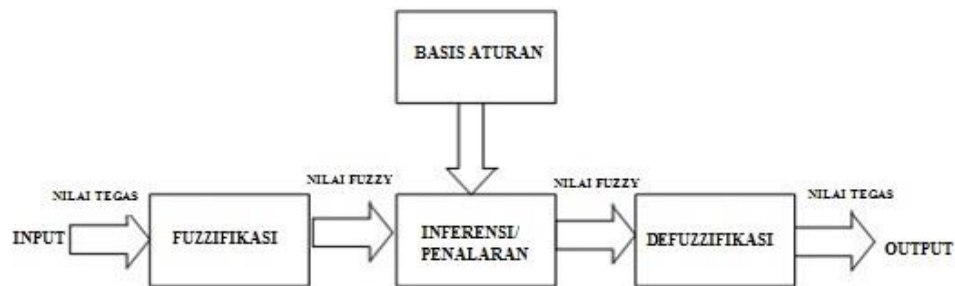
Metode yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan untuk menentukan lamanya waktu mencuci pada mesin cuci adalah metode Mamdani. Metode ini dipilih karena setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF- THEN direpresentasikan dengan himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output dari setiap aturan diberikan secara tegas berdasarkan α , kemudian diperoleh hasil akhir dengan menggunakan rata-rata terpusat. Metode Mamdani akan digunakan untuk menentukan lamanya waktu pencucian berdasarkan jenis kain atau pakaian dan tipe kotoran pakaian yang merupakan variabel-variabel yang diinputkan untuk direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan fuzzy, kemudian mengolah data- data inputan sehingga menampilkan keluaran (output) berupa lama waktu cuci pada mesin cuci.

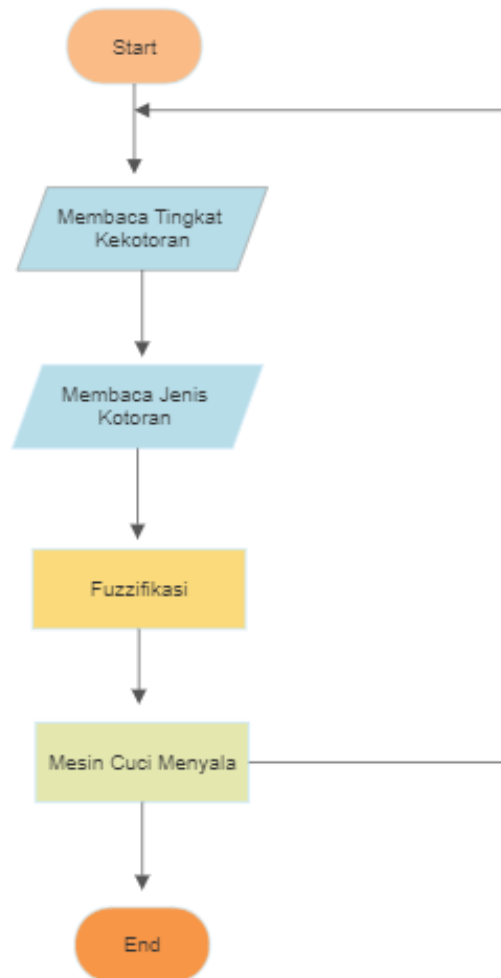
VI. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan fuzzy logic merupakan suatu cabang ilmu artificial intelligence yaitu suatu yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. dengan kata lain fuzzy logic mempunyai fungsi untuk meniru kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikan sesuatu perangkat, misalnya robot, kendaraan, peralatan rumah tangga dan lain sebagainya. Dalam system fuzzy logic terdapat beberapa tahapan operasional yang meliputi antara lain:

- a) **Fuzzyfikasi.** Merupakan proses pengubahan nilai input yang berada dalam suatu himpunan tegas menjadi nilai input yang berada dalam suatu himpunan fuzzy. Dalam menentukan apakah suatu elemen merupakan anggota dari suatu himpunan fuzzy tidak semudah himpunan tegas.
- b) **Inferensi system(Evaluasi Rule).** Proses inferensi dalam suatu sistem berbasis aturan fuzzy akan memperhitungkan semua aturan yang ada di dalam basis pengetahuan, hasil dari proses inferensi ini direpresentasikan oleh suatu himpunan fuzzy untuk setiap variabel bebas pada konsekuensi. Sedangkan derajat keanggotaan untuk setiap variabel tidak bebas menyatakan ukuran komparabilitas terhadap variabel bebas pada anteseden. Terdapat 3 metode aturan fuzzy yang dapat digunakan, yaitu, metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Sugeno

- c) **Defuzzyfikasi.** Pada tahapan ini merupakan proses pengubahan nilai output dari bentuk bilangan samar (fuzzy) kedalam bilangan tegas. Terdapat banyak metode defuzzyfikasi yang telah berhasil diaplikasikan, diantaranya, Centroid Method, Height Method, First of Maxima/Last of Maxima Method, Mean-Max Method, Weighted Average Method





VII. HASIL DAN PEMBAHASAN

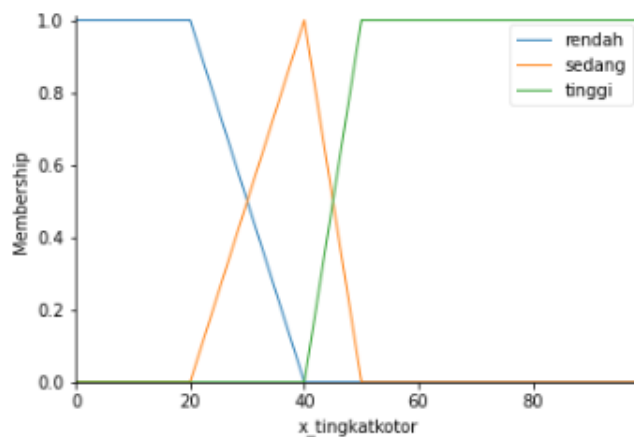
1) FUZZYFIKASI

a) Pembuatan Variabel Tingkat Kekotoran

Pada variabel tingkat kekotoran ini penulis memasukkan 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang, dan tinggi seperti dijelaskan oleh tabel berikut

Variabel	Himpunan	Semesta	Domain
Tingkat Kotoran Pakaian	Rendah	0 -100	0 – 40
	Sedang		20 – 50
	Tinggi		40 – 100

Kurva representatif Variabel tingkat kekotoran



Deklarasi Variabel Input 1 (Tingkat Kotoran Pakaian)

$$Tingkat\ kotoran(rendah) = \begin{cases} 0; & x \geq 40 \\ \frac{40 - x}{40 - 20}; & 20 \leq x \leq 40 \\ 1; & x \leq 20 \end{cases}$$

$$Tingkat\ kotoran(sedang) = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x - 20}{40 - 20}; & 20 \leq x \leq 40 \\ 1; & x = 40 \\ \frac{40 - x}{50 - 40}; & 40 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

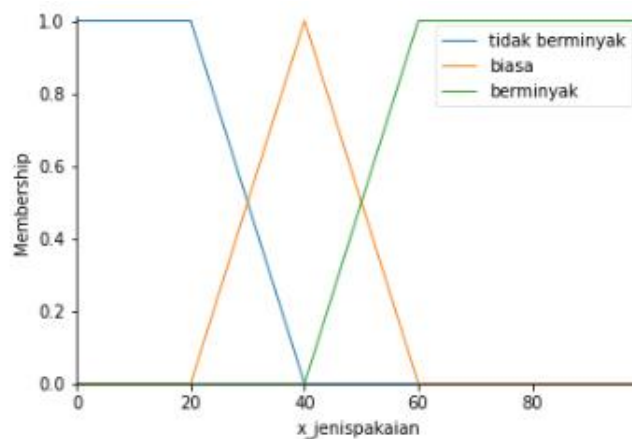
$$Tingkat\ kotoran(tinggi) = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \\ \frac{x - 40}{60 - 40}; & 40 \leq x \leq 60 \\ 1; & x \geq 60 \end{cases}$$

b) Pembuatan Variabel Jenis Kotoran Pakaian

Pada variabel jenis kotoran ini penulis memasukkan 3 himpunan fuzzy yaitu tidak berminyak, biasa, dan berminyak seperti dijelaskan oleh tabel

Variabel	Himpunan	Semesta	Domain
Jenis Kotoran Pakaian	Tidak Berminyak	0 – 100	0 – 40
	Biasa		20 – 60
	Berminyak		40 – 100

Kurva representatif Variabel jenis kekotoran



Deklarasi Variabel Input 2 (Jenis Kotoran Pakaian)

$$Jenis\ Kotoran(Tidak\ Berminyak) = \begin{cases} 0; & x \geq 40 \\ \frac{20 - x}{40 - 20}; & 20 \leq x \leq 40 \\ 1; & x \leq 20 \end{cases}$$

$$Jenis\ Kotoran(Biasa) = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x - 20}{40 - 20}; & 20 \leq x \leq 40 \\ 1; & x = 40 \\ \frac{40 - x}{60 - 40}; & 40 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

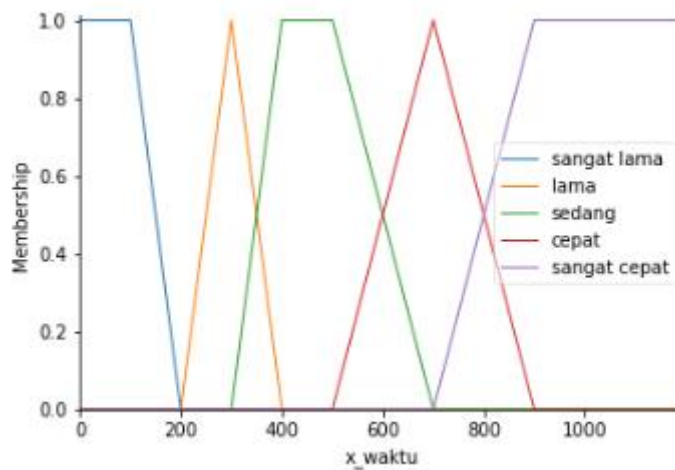
$$Jenis\ Kotoran(Berminyak) = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \\ \frac{x - 40}{60 - 40}; & 40 \leq x \leq 60 \\ 1; & x \geq 60 \end{cases}$$

c) Pembuatan Variabel Waktu Pencucian

Pada variabel tingkat kekotoran ini penulis memasukkan 5 himpunan fuzzy yaitu sangat lama, lama, sedang, cepat dan sangat cepat seperti dijelaskan oleh tabel

Variabel	Himpunan	Semesta	Domain
Waktu Pencucian	Sangat Lama	0 - 1200	0 – 200
	Lama		200 – 400
	Sedang		300 – 700
	Cepat		500 – 900
	Sangat Cepat		700 – 1200

Kurva representatif Variabel Waktu Pencucian



Deklarasi Variabel Output (Waktu Pencucian)

$$Waktu\ Pencucian\ (Sangat\ lama) = \begin{cases} 0; & x \geq 200 \\ \frac{100 - x}{200 - 100}; & 100 \leq x \leq 200 \\ 1; & x \leq 100 \end{cases}$$

$$Waktu\ Pencucian\ (lama) = \begin{cases} 0; & x \leq 200\ atau\ x \geq 400 \\ \frac{x - 200}{300 - 200}; & 200 \leq x \leq 300 \\ 1; & x = 300 \\ \frac{300 - x}{400 - 300}; & 300 \leq x \leq 400 \end{cases}$$

$$Waktu\ Pencucian\ (sedang) = \begin{cases} 0; & x \geq 700 \\ \frac{300 - x}{700 - 300}; & 300 \leq x \leq 700 \\ 1; & x \leq 300 \end{cases}$$

$$Waktu\ Pencucian\ (cepat) = \begin{cases} 0; & x \leq 500\ atau\ x \geq 800 \\ \frac{x - 500}{600 - 500}; & 500 \leq x \leq 600 \\ \frac{800 - x}{800 - 600}; & 600 \leq x \leq 800 \\ 1; & 500 \leq x \leq 600 \end{cases}$$

$$Waktu\ Pencucian\ (cepat) = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \text{ atau } x \geq 900 \\ \frac{x - 500}{700 - 500}; & 500 \leq x \leq 700 \\ 1; & x = 700 \\ \frac{700 - x}{900 - 700}; & 700 \leq x \leq 900 \end{cases}$$

$$Waktu\ Pencucian\ (sangat\ cepat) = \begin{cases} 0; & x \leq 700 \\ \frac{x - 700}{900 - 700}; & 700 \leq x \leq 900 \\ 1; & x \geq 1200 \end{cases}$$

Penerapan Proses Fuzzyfikasi di Jupyter

```
In [4]: # New Antecedent/Consequent objects hold universe variables and membership
# functions
x_tingkatkotor = ctr.Antecedent(np.arange(0, 100, 1), 'x_tingkatkotor')
x_jenispakaian = ctr.Antecedent(np.arange(0, 100, 1), 'x_jenispakaian')
x_waktu = ctr.Consequent(np.arange(0, 1200, 1), 'x_waktu')

In [5]: #input tingkat kekotoran pakaian
x_tingkatkotor['rendah'] = fuzz.trapmf(x_tingkatkotor.universe, (0, 0, 20,40))
x_tingkatkotor['sedang'] = fuzz.trimf(x_tingkatkotor.universe, (20, 40, 50))
x_tingkatkotor['tinggi'] = fuzz.trapmf(x_tingkatkotor.universe, (40,50,100,100))

#input jenis kotoran pakaian
x_jenispakaian['tidak berminyak'] = fuzz.trapmf(x_jenispakaian.universe, (0, 0, 20, 40))
x_jenispakaian['biasa'] = fuzz.trimf(x_jenispakaian.universe, (20, 40, 60))
x_jenispakaian['berminyak'] = fuzz.trapmf(x_jenispakaian.universe, (40,60,100,100))

#output kecepatan putaran mesin cuci
x_waktu['sangat lama'] = fuzz.trapmf(x_waktu.universe, (0, 0, 100,200))
x_waktu['lama'] = fuzz.trimf(x_waktu.universe, (200, 300, 400))
x_waktu['sedang'] = fuzz.trapmf(x_waktu.universe, (300, 400, 500,700))
x_waktu['cepat'] = fuzz.trimf(x_waktu.universe, (500, 700, 900))
x_waktu['sangat cepat'] = fuzz.trapmf(x_waktu.universe, (700, 900, 1200,1200))
```

2) FUZZY INFERENCE (RULE BASED)

Berikut merupakan aturan yang diterapkan dalam proses pengembangan dari proposisi fuzzy tersebut yang menghasilkan aturan proposisi fuzzy berbeda berikut ini:

1. [R1] IF (tingkat kekotoran is tinggi) AND (jenis kotoran pakaian is berminyak) THEN (waktu pencucian is sangat lama)
2. [R2] IF (tingkat kekotoran is sedang) AND (jenis kotoran pakaian is berminyak) THEN (waktu pencucian is lama)
3. [R3] IF (tingkat kekotoran is rendah) AND (jenis kotoran pakaian is berminyak) THEN (waktu pencucian is lama)
4. [R4] IF (tingkat kekotoran is tinggi) AND (jenis kotoran pakaian is biasa) THEN (waktu pencucian is lama)
5. [R5] IF (tingkat kekotoran is sedang) AND (jenis kotoran pakaian is biasa) THEN (waktu pencucian is sedang)

6. [R6] IF (tingkat kekotoran is rendah) AND (jenis kotoran pakaian is biasa) THEN (waktu pencucian is sedang)
7. [R7] IF (tingkat kekotoran is tinggi) AND (jenis kotoran pakaian is tidak berminyak) THEN (waktu pencucian is sedang)
8. [R8] IF (tingkat kekotoran is sedang) AND (jenis kotoran pakaian is tidak berminyak) THEN (waktu pencucian is cepat)
9. [R9] IF (tingkat kekotoran is rendah) AND (jenis kotoran pakaian is tidak berminyak) THEN (waktu pencucian is sangat cepat)

Tabel Rules Based

No.	Tingkat Kekotoran	Jenis Kotoran Pakaian	Waktu Pencucian
1	Tinggi	Berminyak	Sangat Lama
2	Sedang	Berminyak	Lama
3	Rendah	Berminyak	Lama
4	Tinggi	Biasa	Lama
5	Sedang	Biasa	Sedang
6	Rendah	Biasa	Sedang
7	Tinggi	Tidak Berminyak	Sedang
8	Sedang	Tidak Berminyak	Cepat
9	Rendah	Tidak Berminyak	Sangat cepat

Penerapan Rules Based

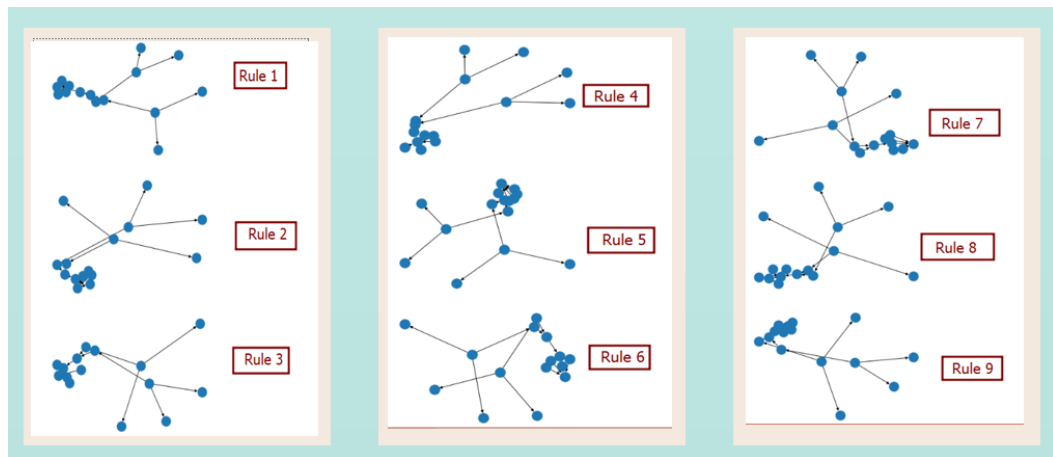
```
In [9]: rule1 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['tinggi'] & x_jenispakaian['berminyak'], x_waktu['sangat lama'])
rule2 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['sedang'] & x_jenispakaian['berminyak'], x_waktu['lama'])
rule3 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['rendah'] & x_jenispakaian['berminyak'], x_waktu['lama'])

rule4 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['tinggi'] & x_jenispakaian['biasa'], x_waktu['lama'])
rule5 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['sedang'] & x_jenispakaian['biasa'], x_waktu['sedang'])
rule6 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['rendah'] & x_jenispakaian['biasa'], x_waktu['sedang'])

rule7 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['tinggi'] & x_jenispakaian['tidak berminyak'], x_waktu['sedang'])
rule8 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['sedang'] & x_jenispakaian['tidak berminyak'], x_waktu['cepat'])
rule9 = ctr.Rule(x_tingkatkotor['rendah'] & x_jenispakaian['tidak berminyak'], x_waktu['sangat cepat'])

# mencetak pola- pola masing-masing rules
rule1.view()
rule2.view()
rule3.view()
rule4.view()
rule5.view()
rule6.view()
rule7.view()
rule8.view()
rule9.view()
```

Out[9]: (<Figure size 432x288 with 1 Axes>, <AxesSubplot:>)



3) DEFUZZYFIKASI

Contoh Kasus:

Berapa rpm waktu yang akan dibutuhkan mesin cuci, jika pada proses pencucian ternyata tingkat kotoran pakaian bernilai 35 dan jenis kekotoran pakaian bernilai 48?

Penyelesaiannya:

1. Karena tingkat kekotoran bernilai 35 dimana berada diantara Rendah dan Sedang, maka digunakan perhitungan sebagai berikut

$$Input\ Tingkat\ Kekotoran(35) = \begin{cases} \frac{40 - 35}{40 - 20} = \frac{5}{20} = 0,25 \\ \frac{35 - 20}{40 - 20} = \frac{15}{20} = 0,75 \end{cases}$$

2. Karena jenis kotoran pakaian bernilai 48 dimana berada di range Biasa dan Berminyak, maka digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$Input\ Jenis\ Kotoran\ Pakaian\ (48) = \begin{cases} \frac{60 - 48}{60 - 40} = \frac{12}{20} = 0,6 \\ \frac{48 - 40}{60 - 40} = \frac{8}{20} = 0,4 \end{cases}$$

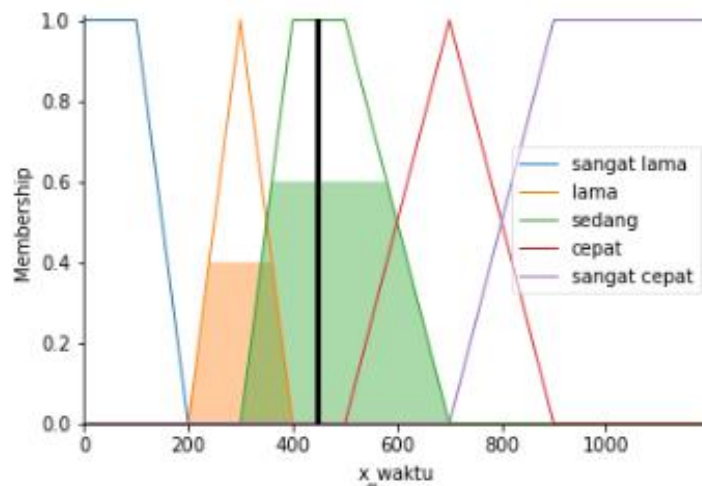
3. Dari 4 data fuzzy input tersebut, Rendah (0,25), sedang (0,75), biasa (0,6) dan berminyak (0,4) Setelah hasil didapatkan, kemudian buat pasangan dari masing-masing hasilnya maka diperoleh :

(0.25 dan 0.6), (0.25 dan 0.4), (0.75 dan 0.6), (0.75 dan 0.4)

4. Ubah kedalam bentuk rule base, dari 9 rule base akan didapatkan 4 rule

- [R1] IF (tingkat kekotoran is rendah) AND (jenis kotoran pakaian is biasa) THEN (waktu pencucian is Sedang).
 - [R2] IF (tingkat kekotoran is rendah) AND (jenis kotoran pakaian is berminyak) THEN (waktu pencucian is Lama).
 - [R3] IF (tingkat kekotoran is sedang) AND (jenis kotoran pakaian is biasa) THEN (waktu pencucian is Sedang).
 - [R4] IF (tingkat kekotoran is Sedang) AND (jenis kotoran pakaian is berminyak) THEN (waktu pencucian is Lama).
5. Kemudian ambil nilai minimal dari (0.25 0.6), (0.25 0.4), (0.75 0.6), (0.75 0.4)
Diperoleh : 0.25, 0.25, 0.6, 0.4 (gunakan sebagai output)
6. Implementasikan ke dalam rule base :
- [R1] IF tingkat kekotoran is rendah (0,25) AND jenis kotoran pakaian is biasa (0,6) THEN waktu pencucian is Sedang (0,25).
 - [R2] IF tingkat kekotoran is rendah (0,25) AND jenis kotoran pakaian is berminyak (0,4) THEN waktu pencucian is lama (0,6).
 - [R3] IF tingkat kekotoran is sedang (0,75) AND kotoran pakaian is biasa (0,6) THEN waktu pencucian is Sedang (0,25).
 - [R4] IF tingkat kekotoran is sedang (0,75) AND kotoran pakaian is berminyak (0,4) THEN waktu pencucian is lama (0,4).
7. Gunakan aturan maksimum untuk nilai output:
- Dari waktu pencucian is Sedang (0,25) v waktu pencucian is Sedang (0,25) dihasilkan waktu pencucian is (0,25).
 - Dari waktu pencucian is Lama (0,6) v waktu pencucian is Lama (0,4) dihasilkan waktu pencucian is (0,6).
8. Berdasarkan output pada program, akan dihasilkan satu set fuzzy. Selanjutnya lakukan defuzzifikasi dengan metode Centeroid (memberikan titik-titik acak) sebagai berikut :

- **Kurva Hasil Akhir Program**



Dengan metode Centeroid hasil yang didapatkan sebagai berikut :

- **Mencari Hasil Akhir Menggunakan COG:**

$$y^* = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)}$$

Maka :

$$COG = \left\{ \frac{((200 + 300 + 400) \times 0.4) + ((300 + 400 + 500 + 600 + 700) \times 0.6)}{0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6} \right\}$$

$$COG = \left\{ \frac{(900 \times 0.4) + (2500 \times 0.6)}{4.2} \right\}$$

$$COG = \frac{360 + 1500}{4.2}$$

$$COG = \frac{1860}{4.2}$$

$$COG = 442,85$$

- **Sedangkan Output Hasil Akhir Program**

```
print (waktu.output['x_waktu'])
x_waktu.view(sim = waktu)
```

448.14159292035697

Penerapan Defuzzyfikasi Dijupyter

```
In [10]: #membuat kontrol sistem yang kondisinya diambil berdasarkan aturan/rules yang telah dibuat
waktu_rule1 = ctr.ControlSystem([rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9])

In [11]: #membuat simulasi kontrol sistem yang kondisinya diambil berdasarkan waktu_rule1/sistem kontrol yang telah dibuat
waktu = ctr.ControlSystemSimulation(waktu_rule1)

In [12]: tingkat_kotor = input('Tingkat Kekotoran Baju: ') #membuat inputan untuk nilai inputan Tingkat Kekotoran Baju
jenis_pakaian = input('Jenis Kekotoran Pakaian: ') #membuat inputan untuk nilai inputan Jenis Kekotoran Pakaian

Tingkat Kekotoran Baju: 35
Jenis Kekotoran Pakaian: 48

In [13]: waktu.input['x_tingkatkotor'] = float(tingkat_kotor) #merubah format data tingkat kotor menjadi float dan
waktu.input['x_jenis_pakaian'] = float(jenis_pakaian) #merubah format data jenis kotoran pakaian menjadi float

# Crunch the numbers
waktu.compute() #menghitung jumlahnya

In [14]: print(waktu.output['x_waktu']) #mencetak output waktu pencucian
x_waktu.view(sim = waktu) #membuat plot/grafik dari waktu pencucian

448.14159292035697
```

VIII. KESEIMPULAN

Jadi dapat dilihat dari output waktu tersebut menghasilkan nilai 448.14159292035697. maka sesuai dengan rules yang ada jika tingkat kekotoran bernilai = 35 dan jenis kotoran pakaian bernilai = 48 maka dapat dilihat dari rules diatas dimana jika tingkat kotoran 35 maka termasuk ke rules 'RENDAH' dan jika jenis kotoran pakaian bernilai 48 maka termasuk ke rules 'BIASA'. maka dapat disimpulkan sesuai dengan rules yang ada bahwa, Jika tingkat kekotoran pakaian rendah dan jenis kotoran biasa, maka waktu pencucian adalah 'SEDANG'.

IX. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Adha, "PENERAPAN LOGIKA FUZZY PADA MESIN CUCI DAN MENENTUKAN LAMA WAKTU PENCUCIAN," *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 6, no. 1, p. 125, 2022.
- [2] Y. Mz and E. Suryadi, "PENERAPAN LOGIKA FUZZY TSUKAMOTO MENENTUKAN LAMA WAKTU PENCUCIAN MESIN CUCI," *Potensi-utama.ac.id*. [Online]. Available: <https://e-journal.potensi-utama.ac.id/ojs/index.php/SNI/article/download/269/216>. [Accessed: 30-Sep-2022].