

## Implementasi Fuzzy Logic Controller System Metode Mamdani dan Metode Sugeno dalam Peningkatan Efisiensi dan Kinerja Pencucian pada Smart Washing Machine

Fajrina Reski Arini

Universitas Sumatera Utara

Korespondensi penulis: [fajrinaarini01@gmail.com](mailto:fajrinaarini01@gmail.com)

Muhammad Romi Syahputra

Universitas Sumatera Utara

**Abstract.** Laundry washing is a crucial process in daily life. Although automatic washing machines have simplified the washing process, utilizing advanced technology like fuzzy logic control can enhance the performance of smart washing machines to achieve optimal washing results. This research aims to implement fuzzy logic control using the Mamdani method on smart washing machines to improve efficiency and washing quality. The research methodology consists of several stages. Firstly, analyzing variables that affect the washing process, such as laundry load, fabric thickness, dirt level, and water temperature. Next, designing a Mamdani fuzzy logic control system by determining membership functions for each variable and creating fuzzy rules to link input and output variables. Lastly, evaluating washing results based on predefined input variables. The research findings demonstrate that implementing Mamdani fuzzy logic control on smart washing machines can significantly enhance washing quality and adaptively determine washing parameters to achieve cleaner washing outcomes. Therefore, integrating Mamdani fuzzy logic control into smart washing machines has the potential to improve overall washing performance. In conclusion, utilizing Mamdani fuzzy logic control on smart washing machines is an effective step towards enhancing efficiency and effectiveness in laundry washing. This research contributes to the development of more adaptive and environmentally-friendly smart washing machine technology and plays a crucial role in advancing fuzzy logic control technology for other smart household applications.

**Keywords:** Fuzzy Logic Control, Mamdani Method, Matlab, Optimal Washing, Smart Washing Machines

**Abstrak.** Pencucian pakaian merupakan salah satu proses yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Meskipun mesin cuci otomatis telah memberikan kemudahan dalam melakukan proses pencucian, penggunaan teknologi terbaru seperti kontrol logika fuzzy dapat meningkatkan kinerja mesin cuci pintar untuk mencapai hasil pencucian yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan kontrol logika fuzzy dengan metode Mamdani pada mesin cuci pintar guna meningkatkan efisiensi dan kualitas pencucian. Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, pertama, melakukan analisis terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi proses pencucian, seperti beban pakaian, ketebalan pakaian, tingkat kekotoran, dan suhu air. Selanjutnya merancang sistem kontrol logika fuzzy Mamdani dengan menentukan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel serta membuat aturan-aturan fuzzy untuk menghubungkan variabel input dan output dan yang terakhir melakukan evaluasi hasil pencucian terhadap variabel input yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi kontrol logika fuzzy Mamdani pada mesin cuci pintar dapat meningkatkan kualitas pencucian yang signifikan dan adaptif dalam menentukan parameter-parameter pencucian dengan menghasilkan kualitas pencucian yang lebih bersih. Dengan demikian integrasi kontrol logika fuzzy Mamdani pada mesin cuci cerdas memiliki potensi meningkatkan kinerja pencucian secara keseluruhan. Kesimpulannya, penggunaan kontrol logika fuzzy Mamdani pada mesin cuci pintar merupakan langkah yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pencucian pakaian. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi mesin cuci pintar yang lebih adaptif dan ramah lingkungan, serta memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi dalam bidang kontrol logika fuzzy untuk aplikasi rumah tangga pintar lainnya.

**Kata kunci:** Kontrol Logika Fuzzy, Metode Mamdani, Mesin Cuci Pintar, Matlab, Pencucian Optimal

## LATAR BELAKANG

Kebersihan pakaian adalah aspek penting dalam kehidupan manusia yang berkontribusi pada kesehatan dan kenyamanan penghuni rumah. Dalam menjaga kebersihan pakaian, penggunaan mesin cuci telah menjadi pilihan yang umum dan praktis bagi banyak orang. Namun efektifitas mesin cuci konvensional dalam mencapai standar kebersihan yang diinginkan masih sering menjadi perdebatan. Mesin cuci pakaian termasuk peralatan konsumen pertama yang memanfaatkan penalaran hampiran. Mesin cuci tersebut, pertama kali diproduksi sekitar tahun 1990 oleh perusahaan *Matsushita Electric Industrial Company* di Jepang. Dalam era perkembangan teknologi yang pesat, kebutuhan akan efisiensi kemudahan dalam kehidupan sehari-hari semakin menjadi prioritas. Salah satu aspek yang terus berkembang adalah bidang peralatan rumah tangga pintar atau yang dikenal dengan istilah “*smart home appliances*” (Areni et al., 2020).

Salah satu peralatan rumah tangga yang semakin diperhatikan adalah mesin cuci pintar atau *smart washing machine*. Mesin cuci pintar merupakan evolusi dari mesin cuci konvensional yang ditujukan untuk meningkatkan kualitas pencucian serta memberikan pengalaman yang lebih efisien bagi penggunanya. Beberapa bagian yang menjadi fokus terpenting dalam pengembangan mesin cuci pintar adalah kemampuan untuk mencapai kebersihan pakaian yang optimal, efisien, nyaman dan hemat energi bagi penggunanya. Kebersihan pakaian yang optimal bukan hanya tentang menghilangkan noda atau kotoran, tetapi juga tentang menghilangkan kuman dan bakteri yang dapat menyebabkan penyakit, mesin cuci pintar menawarkan solusi yang lebih *holistic* yang memastikan bahwa pakaian tidak hanya bersih secara visual tetapi juga steril dan bebas dari mikroorganisme patogen dengan memperhatikan parameter pengendalian dalam proses pencucian.

Fuzzy logic pada *smart washing machine* adalah konsep yang memungkinkan mesin cuci membuat keputusan berdasarkan berbagai tingkat ketidakpastian dan variabelitas dengan metode komputasi yang menangani nilai-nilai yang tidak pasti atau ambigu, yang memungkinkan nilai-nilai antara 0 dan 1 berdasarkan derajat kebenarannya yang sangat berguna untuk sistem yang akan dilakukan. Salah satu sistem kendali untuk memperhatikan pengendalian tersebut adalah fuzzy logic. Sistem kendali menggunakan fuzzy logic digunakan untuk mengendalikan suatu sistem dengan memetakan batasan samar (himpunan kabur) dari hasil pengukuran sistem kendali menjadi bilangan numerik. Sistem kendali pada fuzzy logic menggunakan sensor untuk menerjemahkan input analog menjadi sistem software yang mengontrol pencucian pada smart washing machine yang dapat mengatasi kesalahan, mengurangi kesalahan, dan mengoptimalkan kinerja pencucian pada smart washing machine.

Dalam perkembangannya, teknologi *fuzzy logic* menjadi salah satu fondasi utama dalam menciptakan kinerja mesin cuci pintar yang lebih bagus dan adaptif terhadap kondisi penggunaan yang berbeda-beda, dengan metode komputasi memungkinkan penanganan data yang tidak pasti atau samar dengan cara yang lebih mirip dengan cara manusia berpikir. Dalam penerapannya pada smart washing machine, fuzzy logic memberikan fleksibilitas dan efisiensi yang signifikan dalam berbagai aspek pencucian pakaian yang akan dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang akan dijadikan dasar pada penelitian ini adalah penelitian oleh (Islam & Hossain, 2022) dan (Kareem & Ali, 2021) terkait dengan washing machine system menggunakan beberapa input dan output yang digunakan untuk melakukan proses pencucian yang optimal berdasarkan variabel dan parameter pengendalian yang telah ditentukan dan menggunakan fuzzy inference system metode mamdani dan sugeno berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Br Ginting, n.d.)

Salah satu penerapan utama *fuzzy logic* dalam smart washing machine adalah dalam menentukan durasi pencucian yang diperlukan, dengan menggunakan sensor untuk tingkat berat pakaian, tingkat kekotoran, dan suhu air, smart washing machine dapat membuat keputusan yang lebih tepat dan optimal. Oleh karena itu secara keseluruhan penerapan *fuzzy logic* pada *smart washing machine* terdapat banyak manfaat yaitu efisiensi energi, penggunaan sumber daya yang optimal, dan perlindungan yang lebih baik terhadap pakaian yang akan dilakukan proses pencucian menggunakan *smart washing machine*.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis Implementasi Fuzzy Logic System Metode Mamdani Dalam Peningkatan Efisiensi Dan Kinerja Pencucian Pada Smart Washing Machine

## **KAJIAN TEORITIS**

### **Fuzzy Logic**

Dalam Kamus Oxford mendefinisikan kata "*fuzzy*" sebagai kondisi yang samar, tidak jelas, didefinisikan secara tidak presisi, membingungkan. Jenis Bahasa ini ditemukan Lotfi Asker Zadeh, profesor di *University California, Berkeley*, Amerika Serikat (Frans Susilo, 2006). Membaca pengertian istilah "*fuzzy*" mungkin akan menimbulkan kesalahpahaman bagi yang belum pernah mendengar istilah "sistem fuzzy". Di dalam teori logika fuzzy, kata "fuzzy" digunakan sebagai sebuah sifat atau keterangan. Tujuannya bukan untuk menggambarkan sistem yang memiliki definisi, deskripsi, atau cara kerja yang samar atau tidak jelas. (McNeill & Freiburger, n.d.).

## Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah sebuah kumpulan objek di mana setiap elemen memiliki derajat keanggotaan yang kabur, tanpa batas yang jelas. Konsep ini digunakan untuk memperluas cakupan fungsi atau nilai, mencakup semua bilangan riil antara 0 dan 1. (Adha et al., 2022). Dalam konsep nilai fuzzy, ketepatan bukanlah sesuatu yang pasti. Nilai 0 dapat dimaknai sebagai "salah" atau nilai minimum, sementara nilai 1 bisa dianggap sebagai "benar" atau nilai maksimum. Logika fuzzy mengoperasikan semua nilai yang berada di antara kedua ekstrim ini.

Himpunan fuzzy merupakan kebalikan nilai *crisp*, di mana nilai *crisp* didefinisikan secara tegas oleh nilai-nilai yang termasuk dalam himpunan tersebut. Sebagai contoh, jika suatu nilai "a" adalah anggota dari himpunan "A", maka nilai keanggotaan yang terkait dengan "a" memiliki nilai 1, sementara nilai yang tidak terkait dengan "a" memiliki nilai 0.

## Fungsi Keanggotaan

Setiap himpunan kabur memiliki representasi melalui fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan adalah kurva matematis yang menggambarkan bagaimana titik-titik data input dipetakan ke nilai keanggotaan dalam interval antara 0 hingga 1. Dalam teori himpunan, ruang input dijelaskan dalam *universe of discourse* (Naba, 2009). Salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa jenis fungsi yang umum digunakan untuk menggambarkan tingkat keanggotaan suatu elemen terhadap himpunan kabur.

## Operator – operator Fuzzy

### a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan. Hasil predikat dari operasi ini menggunakan operator AND, yang memilih nilai keanggotaan terendah dari setiap elemen dalam himpunan yang terlibat, bisa diungkapkan sebagai berikut:.

$$\mu A \cap B = \min (\mu A [x], \mu B [y])$$

### b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi gabungan pada himpunan. Hasil predikat dari operasi ini menggunakan operator OR, yang memilih nilai keanggotaan tertinggi dari setiap elemen dalam himpunan yang terlibat, bisa diungkapkan sebagai berikut:.

$$\mu A \cup B = \max (\mu A [x], \mu B [y])$$

### c. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan predikat yang dihasilkan dari operasi tersebut dengan operator AND. Nilai keanggotaan terkecil dari elemen dalam himpunan yang terlibat dapat diwakili sebagai berikut

$$\mu A = 1 - \mu A [x]$$

## Fuzzy Inference System

Logika Fuzzy bekerja dengan cara amemetakan input ke output dengan menerapkan aturan *IF-THEN*. Prinsip kerjanya adalah menjelaskan bagaimana hubungan antara input dan output yang dipetakan. Melakukan pemetaan dilakukan oleh sebuah blok yang disebut "kotak hitam" yang terletak di antara input dan output. Untuk mengimplementasikan Fuzzy Inference System (FIS), semua aturan harus ditentukan sebelumnya. Ini karena FIS memiliki banyak aturan yang dapat disusun dalam urutan yang fleksibel untuk menghasilkan kesimpulan.

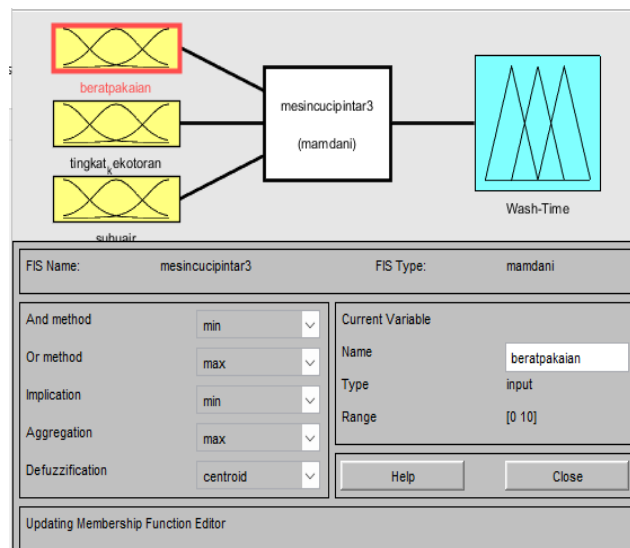
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penelitian studi literatur. Pengumpulan data dalam penelitian berbagai informasi dari berbagai sumber terkait dengan fuzzy logic controller, fuzzy inference system metode Mamdani dan Sugeno, smart washing machine, matlab, dari berbagai referensi berupa buku, jurnal ilmiah, artikel, dan publikasi lainnya

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup informasi tentang berat pakaian, tingkat kekotoran, suhu air. Sumber data tersebut berasal dari studi literatur. Metode pengolahan data dalam penelitian dengan *Fuzzy Inference System* metode Mamdani yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *software* Matlab.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode Mamdani



**Gambar 1. Input dan Output pada Fuzzy Logic Designer “Smart Washing Machine dengan Metode Mamdani.**

Dalam pembahasan pada penelitian ini terdapat tiga input yang akan mempengaruhi 1 output pada saat melakukan pencucian pada smart washing machine, berdasarkan proses evaluasi aturan dasar atau *rule base*, maka terbentuk lah 27 aturan-aturan inferensi fuzzy seperti tabel 1, yang akan ditampilkan sebagai berikut:

**Tabel 1. Aturan-Aturan Inferensi fuzzy “smart washing machine” Metode Mamdani**

Aturan	Berat Pakaian	Tingkat Kekotoran	Suhu Air	Wash Time
1	Ringan	Bersih	Rendah	Cepat
2	Ringan	Bersih	Sedang	Cepat
3	Ringan	Bersih	Tinggi	Cepat
4	Ringan	Sedikitkotor	Rendah	Sedang
5	Ringan	Sedikitkotor	Sedang	Sedang
	⋮	⋮	⋮	⋮
27	Berat	Kotor	Tinggi	Lama

Setelah mendapatkan aturan-aturan inferensi fuzzy atau rule base, maka selanjutnya adalah menentukan derajat keanggotaan setiap kategori variabel berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan pada fuzzyfikasi dan penentuan batas input fuzzy.

Berikut adalah simulasi fuzzy secara manual, berikut adalah tabel derajat keanggotaan dengan berat pakaian 5 kg, tingkat kekotoran dengan kategori 3, dan suhu air 35 °C.

**Tabel 2. Derajat Keanggotaan Masing-Masing Variabel Linguistiknya**

Varibel	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
<b>Berat Pakaian</b>	Ringan	0
	Sedang	1
	Berat	0
<b>Tingkat Kekotoran</b>	Bersih	0
	Sedikit Kotor	1
	Kotor	0
<b>Suhu Air</b>	Rendah	0
	Sedang	1
	Tinggi	0

Setelah mendapatkan nilai derajat keanggotaan maka selanjutnya adalah melakukan Proses inferensi yaitu Implikasi Min-Max pada setiap variabel input dengan kategori himpunan fuzzy yang telah ditentukan pada tabel diatas, terlebih dahulu melakukan Implikasi min berdasarkan aturan-aturan yang telah terbentuk.

### Implikasi Min

Dalam Implikasi Min, untuk nilai 0 diabaikan untuk proses selanjutnya yaitu proses Implikasi Max, Untuk aturan yang tidak mendapatkan nilai 0 adalah aturan yang bisa dilanjutkan untuk proses implikasi max.

### Proses Inferensi Fuzzy

[R1] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time CEPAT

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat1} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R2] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air SEDANG, MAKA Wash-Time CEPAT

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat2} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35)) \\ &= \min (0;0;1) = 0\end{aligned}$$

[R3] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time Cepat

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat3} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R4] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran SEDIKIT KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat4} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;1;0) = 0\end{aligned}$$

[R5] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran SEDIKIT KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat5} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkSEDIKIT KOTOR} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;1;1) = 0\end{aligned}$$

[R6] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran SEDIKIT KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat6} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkSEDIKIT KOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkSEDIKIT KOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35))\end{aligned}$$

$$= \min (0;1;0) = 0$$

[R7] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat7} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R8] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat8} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R9] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat9} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R10] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time CEPAT

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat10} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (1;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R11] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time CEPAT

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat11} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35)) \\ &= \min (1;0;1) = 0\end{aligned}$$

[R12] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat12} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (1;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R13] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time SEDANG

$$\alpha\text{- predikat13} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH}$$



$$= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35))$$

$$= \min (1;1;0) = 0$$

**[R14] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time SEDANG**

$$\alpha\text{- predikat14} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaSEDANG}$$

$$= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} (3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35))$$

$$= \min (1;1;1) = 1$$

**[R15] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time SEDANG**

$$\alpha\text{- predikat15} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI}$$

$$= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} (3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35))$$

$$= \min (1;1;0) = 0$$

**[R16] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time LAMA**

$$\alpha\text{- predikat16} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH}$$

$$= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35))$$

$$= \min (1;0;0) = 0$$

**[R17] JIKA Ketebalan Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time LAMA**

$$\alpha\text{- predikat13} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkTKOTOR} \cap \mu_{SaSEDANG}$$

$$= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35))$$

$$= \min (1;0;1) = 0$$

**[R18] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time LAMA**

$$\alpha\text{- predikat18} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI}$$

$$= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35))$$

$$= \min (1;0;0) = 0$$

**[R19] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time SEDANG**

$$\alpha\text{- predikat19} = \mu_{BpBERAT} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH}$$

$$= \min (\mu_{BpBERAT}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35))$$

$$= \min (0;0;0) = 0$$

**[R20] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time SEDANG**

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat20} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}BERSIH \cap \mu_{Sa}SEDANG \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}BERSIH(3) \cap \mu_{Sa}SEDANG(35)) \\ &= \min (0;0;1) = 0\end{aligned}$$

[R21] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat21} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}BERSIH \cap \mu_{Sa}TINGGI \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}BERSIH(3) \cap \mu_{Sa}TINGGI(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R22] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat22} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR \cap \mu_{Sa}RENDAH \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR(3) \cap \mu_{Sa}RENDAH(35)) \\ &= \min (0;1;0) = 0\end{aligned}$$

[R23] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat23} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR \cap \mu_{Sa}SEDANG \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR(3) \cap \mu_{Sa}SEDANG(35)) \\ &= \min (0;1;1) = 0\end{aligned}$$

[R24] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat24} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR \cap \mu_{Sa}TINGGI \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR(3) \cap \mu_{Sa}TINGGI(35)) \\ &= \min (0;1;0) = 0\end{aligned}$$

[R25] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat25} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}KOTOR \cap \mu_{Sa}RENDAH \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}KOTOR(3) \cap \mu_{Sa}RENDAH(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R26] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time LAMA

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat26} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}KOTOR \cap \mu_{Sa}SEDANG \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}KOTOR(3) \cap \mu_{Sa}SEDANG(35)) \\ &= \min (0;0;1) = 0\end{aligned}$$

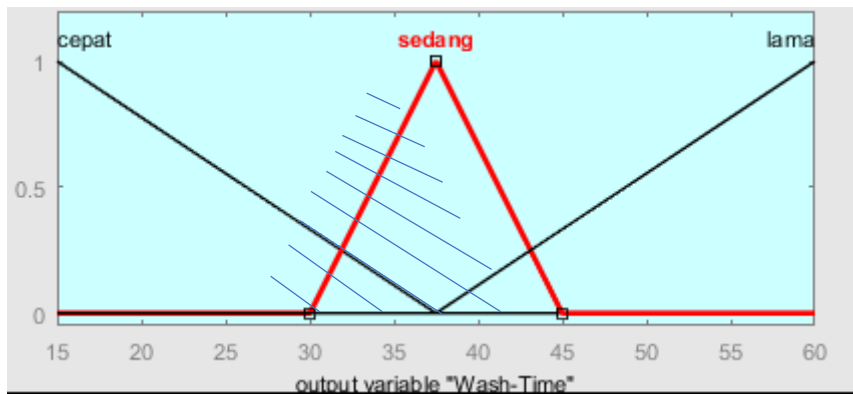
[R27] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time LAMA.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat27} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{KOTOR} \cap \mu_{Sa}TINGGI \\ &= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}KOTOR(3) \cap \mu_{Sa}TINGGI(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0 \end{aligned}$$

**Implikasi Max**

Implikasi max menggunakan komposisi aturan dengan fungsi max yaitu nilai maximum dari derajat keanggotaan yang telah didapat dari masing-masing rule yang telah di dapatkan, pada implikasi min hanya pada rule 1 terdapat nilai yaitu 0,5 selanjutnya melihat grafik daerah implikasi max untuk wash time, takaran air dan takaran detergen.

**Wash Time**



**Gambar 2. Fungsi Implikasi Max "Wash Time"**

Pada gambar 2, terdapat daerah yang diarsir berdasarkan derajat keanggotaan maksimum pada rule yang telah didapatkan, maka selanjutnya adalah melakukan defuzzyfikasi dengan mencari luas dan momen untuk wash-time dari gambar yang telah diarsir.

**Defuzzyfikasi Wash-Time**

Metode Defuzzyfikasi yang digunakan adalah metode centroid. Untuk itu Langkah yang harus dilakukan adalah menghitung luas dan momen untuk setiap daerah yang diarsir.

**Luas untuk wash-time:**

Rumus untuk mencari luas daerah tersebut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \int_a^b \mu[z] dz \\ \text{Luas} &= \int_{30}^{45} 1 dz = 15 \end{aligned}$$

Maka luas yang diarsir adalah 15

### Nilai momen untuk wash-time

Rumus untuk mencari wash-time adalah sebagai berikut:

$$\text{Momen} = \int_a^b \mu[z] z dz$$

$$\text{Momen} = \int_{30}^{45} 1 z dz = 562.5$$

Maka nilai momen untuk daerah yang diarsir adalah 562.5

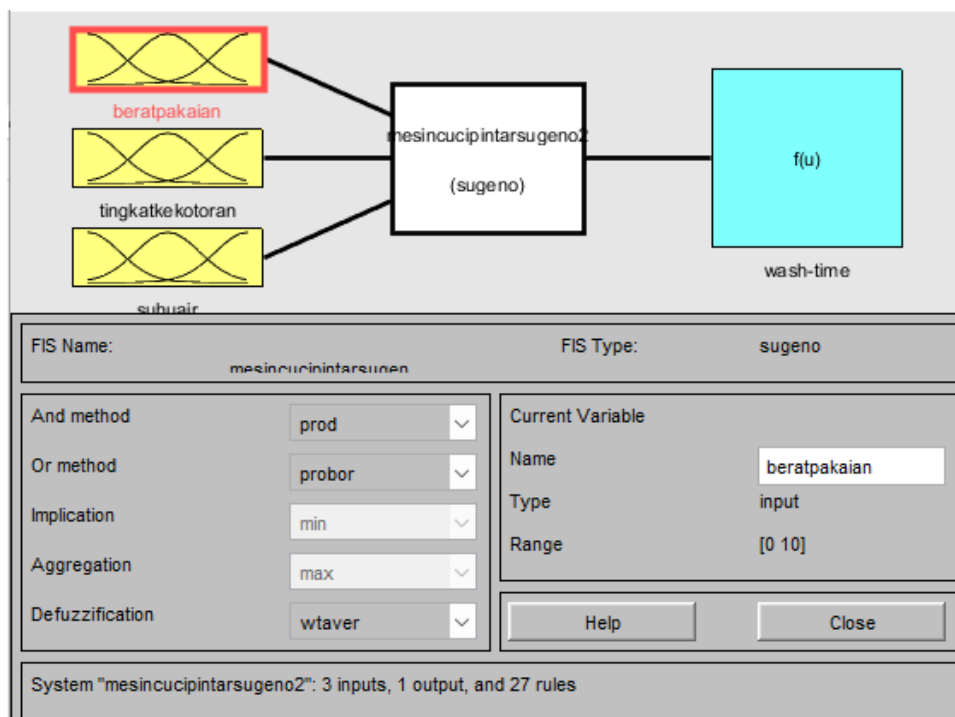
Setelah mendapatkan nilai luas dan momen dari daerah yang telah diarsir tersebut maka selanjutnya adalah mencari nilai z atau hasil keluaran output

$$z = \frac{\text{Momen}}{\text{Luas}}$$

$$z = \frac{562.5}{15} = 37.5$$

Maka setelah mendapatkan nilai z didapatkan nilai untuk wash-time dengan berat pakaian 5 kg, tingkat kekotoran dengan kategori 3, dan suhu air 35 derajat celcius maka estimasi wash-time yang dibutuhkan adalah 37.5 menit.

### Metode Sugeno



**Gambar 3. Input dan Output pada Fuzzy Logic Designer “Smart Washing Machine dengan Metode Sugeno.**

Dalam pembahasan pada penelitian ini terdapat tiga input yang akan mempengaruhi 1 output pada saat melakukan pencucian pada smart washing machine, berdasarkan proses evaluasi aturan dasar atau *rule base*, maka terbentuk lah 27 aturan-aturan inferensi fuzzy seperti tabel 3 yang akan ditampilkan sebagai berikut:

**Tabel 3. Aturan-Aturan Inferensi fuzzy “smart washing machine” Metode Sugeno**

Aturan	Berat Pakaian	Tingkat Kekotoran	Suhu Air	Wash Time
1	Ringan	Bersih	Rendah	15
2	Ringan	Bersih	Sedang	20
3	Ringan	Bersih	Tinggi	25
4	Ringan	Sedikitkotor	Rendah	25
5	Ringan	Sedikitkotor	Sedang	30
	⋮	⋮	⋮	⋮
27	Berat	Kotor	Tinggi	60

Setelah mendapatkan aturan-aturan inferensi fuzzy atau rule base, maka selanjutnya adalah menentukan derajat keanggotaan setiap kategori variabel berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan pada fuzzyfikasi dan penentuan batas input fuzzy. Berikut adalah simulasi fuzzy secara manual, berikut adalah tabel derajat keanggotaan dengan berat pakaian 5 kg, tingkat kekotoran dengan kategori 3, dan suhu air 35 °C.

**Tabel 4. Derajat Keanggotaan Masing-Masing Variabel Linguistiknya Metode Sugeno**

Variabel	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
<b>Berat Pakaian</b>	Ringan	0
	Sedang	1
	Berat	0
<b>Tingkat Kekotoran</b>	Bersih	0
	Sedikit Kotor	1
	Kotor	0
<b>Suhu Air</b>	Rendah	0
	Sedang	1
	Tinggi	0

Setelah mendapatkan nilai derajat keanggotaan maka selanjutnya adalah melakukan Proses inferensi yaitu Implikasi Min-Max pada setiap variabel input dengan kategori himpunan fuzzy yang telah ditentukan pada tabel diatas, terlebih dahulu melakukan Implikasi min berdasarkan aturan-aturan yang telah terbentuk.

### Implikasi Min Sugeno

Dalam Implikasi Min, untuk nilai 0 diabaikan untuk proses selanjutnya yaitu proses Implikasi Max, Untuk aturan yang tidak mendapatkan nilai 0 adalah aturan yang bisa dilanjutkan untuk proses implikasi max.

### Proses Inferensi Fuzzy Metode Sugeno

[R1] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 15

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat1} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R2] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air SEDANG, MAKA Wash-Time 20

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat2} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35)) \\ &= \min (0;0;1) = 0\end{aligned}$$

[R3] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 25

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat3} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0\end{aligned}$$

[R4] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran SEDIKIT KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 25

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat4} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;1;0) = 0\end{aligned}$$

[R5] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran SEDIKIT KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 30

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat5} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkSEDIKIT KOTOR} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;1;1) = 0\end{aligned}$$

[R6] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran SEDIKIT KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 35

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat6} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkSEDIKIT KOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkSEDIKIT KOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35))\end{aligned}$$

$$= \min (0;1;0) = 0$$

[R7] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 35

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat7} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0 \end{aligned}$$

[R8] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 40

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat8} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0 \end{aligned}$$

[R9] JIKA Berat Pakaian RINGAN, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 45

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat9} &= \mu_{BpRINGAN} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpRINGAN}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0 \end{aligned}$$

[R10] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 20

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat10} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (1;0;0) = 0 \end{aligned}$$

[R11] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 25

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat11} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35)) \\ &= \min (1;0;1) = 0 \end{aligned}$$

[R12] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 30

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat12} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (1;0;0) = 0 \end{aligned}$$

[R13] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 30

$$\alpha\text{-predikat13} = \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH}$$

$$\begin{aligned} &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (1;1;0) = 0 \end{aligned}$$

**[R14] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 35**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat14} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35)) \\ &= \min (1;1;1) = 1 \end{aligned}$$

**[R15] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 50**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat15} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkSEDIKITKOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (1;1;0) = 0 \end{aligned}$$

**[R16] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 40**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat16} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (1;0;0) = 0 \end{aligned}$$

**[R17] JIKA Ketebalan Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 45**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat13} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkTKOTOR} \cap \mu_{SaSEDANG} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaSEDANG}(35)) \\ &= \min (1;0;1) = 0 \end{aligned}$$

**[R18] JIKA Berat Pakaian SEDANG, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 50**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat18} &= \mu_{BpSEDANG} \cap \mu_{TkKOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpSEDANG}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (1;0;0) = 0 \end{aligned}$$

**[R19] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 30**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat19} &= \mu_{BpBERAT} \cap \mu_{TkBERSIH} \cap \mu_{SaRENDAH} \\ &= \min (\mu_{BpBERAT}(5) \cap \mu_{TkBERSIH}(3) \cap \mu_{SaRENDAH}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0 \end{aligned}$$

**[R20] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 35**



$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat20} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}BERSIH \cap \mu_{Sa}SEDANG \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}BERSIH(3) \cap \mu_{Sa}SEDANG(35)) \\
&= \min (0;0;1) = 0
\end{aligned}$$

[R21] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran BERSIH, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 40

$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat21} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}BERSIH \cap \mu_{Sa}TINGGI \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}BERSIH(3) \cap \mu_{Sa}TINGGI(35)) \\
&= \min (0;0;0) = 0
\end{aligned}$$

[R22] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 40

$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat22} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR \cap \mu_{Sa}RENDAH \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR(3) \cap \mu_{Sa}RENDAH(35)) \\
&= \min (0;1;0) = 0
\end{aligned}$$

[R23] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 45

$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat23} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR \cap \mu_{Sa}SEDANG \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR(3) \cap \mu_{Sa}SEDANG(35)) \\
&= \min (0;1;1) = 0
\end{aligned}$$

[R24] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran SEDIKITKOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 50

$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat24} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR \cap \mu_{Sa}TINGGI \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}SEDIKITKOTOR(3) \cap \mu_{Sa}TINGGI(35)) \\
&= \min (0;1;0) = 0
\end{aligned}$$

[R25] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air RENDAH MAKA Wash-Time 50

$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat25} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}KOTOR \cap \mu_{Sa}RENDAH \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}KOTOR(3) \cap \mu_{Sa}RENDAH(35)) \\
&= \min (0;0;0) = 0
\end{aligned}$$

[R26] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air SEDANG MAKA Wash-Time 55

$$\begin{aligned}
\alpha\text{- predikat26} &= \mu_{Bp}BERAT \cap \mu_{Tk}KOTOR \cap \mu_{Sa}SEDANG \\
&= \min (\mu_{Bp}BERAT(5) \cap \mu_{Tk}KOTOR(3) \cap \mu_{Sa}SEDANG(35)) \\
&= \min (0;0;1) = 0
\end{aligned}$$

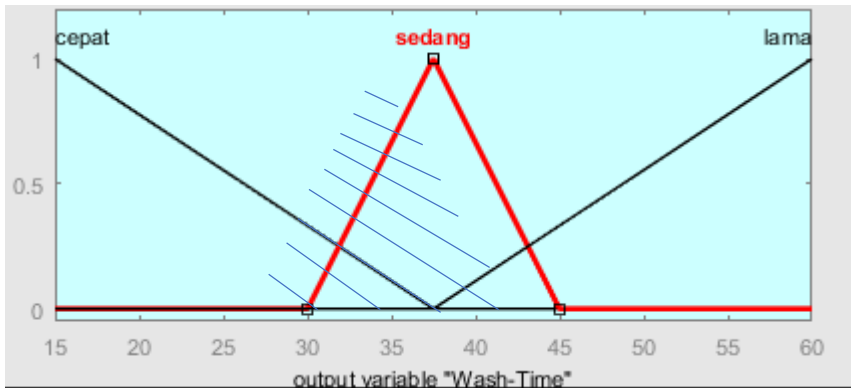
[R27] JIKA Berat Pakaian BERAT, Tingkat Kekotoran KOTOR, Suhu Air TINGGI MAKA Wash-Time 60

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat27} &= \mu_{BpBERAT} \cap \mu_{KOTOR} \cap \mu_{SaTINGGI} \\ &= \min (\mu_{BpBERAT}(5) \cap \mu_{TkKOTOR}(3) \cap \mu_{SaTINGGI}(35)) \\ &= \min (0;0;0) = 0 \end{aligned}$$

### **Implikasi Max**

Implikasi max menggunakan komposisi aturan dengan fungsi max yaitu nilai maximum dari derajat keanggotaan yang telah didapat dari masing-masing rule yang telah di dapatkan, pada implikasi min hanya pada rule 1 terdapat nilai yaitu 0,5 selanjutnya melihat grafik daerah implikasi max untuk wash time, takaran air dan takaran detergen untuk

### **Wash Time**



**Gambar** Error! No text of specified style in document.. **Fungsi Implikasi Max "Wash Time"**

Pada gambar 4 terdapat daerah yang diarsir berdasarkan derajat keanggotaan maksimum pada rule yang telah didapatkan, maka selanjutnya adalah melakukan defuzzyfikasi dengan mencari luas dan momen untuk wash-time dari gambar yang telah diarsir.

### **Defuzzyfikasi Wash-Time**

Metode Defuzzyfikasi yang digunakan adalah metode weight average. seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$z = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_r z_r}{\sum_{j=1}^n \alpha_r}$$

Maka, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$z = \frac{0(15) + 0(20) + 0(25) + 0(25) + 0(30) + 0(35) + 0(35) + 0(40) + 0(45) + 0(20) + 0(25) + 0(30) + 0(30) + \mathbf{1}(35) + 0(50) + 0(40) + 0(45) + 0(50) + 0(30) + 0(35) + 0(40) + 0(35) + 0(40) + 0(45) + 0(50) + 0(50) + 0(55) + 0(60)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + \mathbf{1} + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}$$

$z = 35$

Jadi, estimasi wash-time dengan metode *Fuzzy* Sugeno adalah 35 menit

### Kelebihan Metode Mamdani dan Metode Sugeno

**Tabel 5. Kelebihan Metode Mamdani dan Metode Sugeno**

No	Metode Mamdani	Metode Sugeno
1	Metode Mamdani didasarkan pada cara manusia berpikir dan mengambil keputusan, membuatnya lebih intuitif dan lebih mudah dipahami.	Metode Sugeno telah terbukti memiliki presisi tinggi dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem kontrol dan sistem pengambilan keputusan
2	Metode Mamdani dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem kontrol, sistem pengambilan keputusan, dan sistem pengenalan pola	Metode Sugeno dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem kontrol, sistem pengambilan keputusan, dan sistem pengenalan pola
3	Metode Mamdani relatif mudah diimplementasikan, terutama bagi mereka yang terbiasa dengan logika fuzzy.	Metode Sugeno relatif mudah diimplementasikan, terutama bagi mereka yang terbiasa dengan logika fuzzy dan dapat lebih terukur daripada metode logika fuzzy lainnya, terutama untuk sistem yang besar.

### Kekurangan Metode Mamdani dan Metode Sugeno

**Tabel 6. Kekurangan Metode Mamdani dan Sugeno**

No	Metode Mamdani	Metode Sugeno
1	Metode Mamdani bisa jadi kurang tepat dibandingkan metode logika fuzzy lainnya, seperti metode Sugeno	Metode Sugeno dapat menjadi lebih kompleks untuk diimplementasikan daripada metode logika fuzzy lainnya, terutama bagi mereka yang tidak terbiasa dengan logika fuzzy
2	Metode Mamdani dapat menjadi sensitif terhadap nilai input, yang dapat mempengaruhi output.	Metode Sugeno bisa jadi kurang intuitif dibandingkan metode logika fuzzy lainnya, sehingga lebih sulit untuk dipahami.
3	Metode Mamdani bisa jadi kurang terukur dibandingkan dengan metode logika fuzzy lainnya, terutama untuk sistem yang besar.	Metode Sugeno bisa jadi kurang fleksibel dibandingkan metode logika fuzzy lainnya, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan tingkat fleksibilitas yang tinggi.

## Aplikasi GUI Estimasi Wash-Time

APLIKASI GUI UNTUK MENGESTIMASIKAN DURASI PENCUCIAN PADA SMART WASHING MACHINE	
<b>INPUT</b>	
berat pakaian	5
tingkat kekotoran	3
suhu air	35
<b>HITUNG</b>	
<b>OUTPUT</b>	
wash-time mamdani	37.5
wash-time sugeno	35

**Gambar 5. Tampilan Aplikasi GUI Estimasi Wash-Time**

Gambar 5, adalah aplikasi untuk mengestimasi durasi pencucian dengan 3 input yaitu berat pakaian, tingkat kekotoran, dan suhu air, untuk input berat pakaian 5 kg dan tingkat kekotoran dengan kategori 3 dan suhu air 35 derajat celsius maka mendapatkan estimasi pencucian untuk metode mamdani adalah 37,5 menit dan metode sugeno 35 menit. Maka untuk estimasi durasi pencucian lebih hemat energi dan optimal menggunakan metode sugeno.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh bahwa Implementasi *fuzzy logic controller* menggunakan metode Mamdani dan Sugeno telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk smart washing machine, Metode Mamdani dikenal dengan kesederhanaan dan kemudahan implementasinya, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal presisi dan skalabilitas. Metode Sugeno, di sisi lain, dikenal karena presisi dan skalabilitasnya yang tinggi, tetapi lebih kompleks dan membutuhkan lebih banyak keahlian dalam logika *fuzzy*. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa implementasi *fuzzy logic controller* pada smart washing machine dengan menggunakan metode Mamdani dan Sugeno dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin cuci pintar. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan metode Sugeno terbukti dapat mengurangi waktu pencucian dan konsumsi energi mesin dibandingkan dengan metode Mamdani.

Disarankan agar penelitian selanjutnya melibatkan pembuatan rencana dengan melibatkan Penelitian dilakukan untuk peralatan rumah tangga pintar (*“Smart home appliances”*) lainnya yang menggunakan prinsip *fuzzy logic*. Penelitian dilakukan menggunakan metode defuzzyfikasi, dan implikasi berbeda dari penelitian yang telah dilakukan. Penelitian

dengan mengaitkan implementasi *fuzzy logic* dan teknologi dengan *internet of things (iot)* dalam peralatan rumah tangga pintar (“*smart home appliances*”).

## DAFTAR REFERENSI

- Adha, A., Meidelfi, D., Hidayat, D. R., Reayasa, T., Lunak, P., Politeknik, T. I., & Padang, N. (2022). Penerapan Logika Fuzzy Pada Mesin Cuci Dan Menentukan Lama Waktu Pencucian. *Jurnal Informatika Dan Komputer*, 6(1), 125–132.
- Areni, I. S., Waridi, A., Indrabayu, Yohannes, C., Lawi, A., & Bustamin, A. (2020). IoT-Based of Automatic Electrical Appliance for Smart Home. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(18), 204–211. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i18.15649>
- Br Ginting, R. (n.d.). Analisis Fungsi Implikasi Max-Min dan Max-Prod Dalam Pengambilan Keputusan.
- Frans Susilo, S. (2006). Himpunan & Logika Kabur Serta Aplikasinya.
- Hatagar, S., & Halase, S. V. (2015). Three Input-One Output Fuzzy logic control of Washing Machine. In *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)*, 4.
- Islam, M. A., & Hossain, M. S. (2022). Mathematical comparison of defuzzification of fuzzy logic controller for smart washing machine. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, 46(1), 1–8. <https://doi.org/10.3329/jbas.v46i1.56864>
- Kareem, K. A., & Ali, W. H. (2021). Implementation of Washing Machine System Via Utilization of Fuzzy Logic Algorithms. In *Proceedings - ISAMSR 2021: 4th International Symposium on Agents, Multi-Agents Systems and Robotics*, 45–50. <https://doi.org/10.1109/ISAMSR53229.2021.9567796>
- McNeill, Dan., & Freiberger, P. (n.d.). *Fuzzy Logic*. 319.
- Naba, E. A. (2009). *Tutorial Cepat & Mudah Fuzzy Logic Dengan Matlab*. Agus Naba. <https://books.google.co.id/books?id=BuyJBQAAQBAJ>
- Putra, H. D., Kelviandy, M. K., & Putera, B. E. (2018). Penerapan Kontrol Fuzzy Logic Berbasis Matlab Pada Perangkat Mesin Cuci. In *NOPEM BER*, 4(2).
- Santoso, T. B. (2017). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi-SNITek*.
- Sri Kusumadewi. (2002). Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan ToolBox Matlab.