

Analisis Akurasi Prediksi Akselerasi Mobil Listrik Berdasarkan Kecepatan dan Daya Baterai Menggunakan Fuzzy Logic Metode Sugeno dan Mamdani

Rena Rama Rosalinda¹, Wanda Gustrifa², Prinafsika³, Anggraini Puspita Sari^{4*}

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

¹21081010190@student.upnjatim.ac.id, ²21081010083@student.upnjatim.ac.id

³21081010278@student.upnjatim.ac.id, ⁴anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

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

Abstrak— Peningkatan kesadaran akan dampak negatif penggunaan bahan bakar minyak terhadap lingkungan telah mendorong pertumbuhan pesat dalam pengembangan kendaraan ramah lingkungan. Salah satu jenis kendaraan yang semakin populer adalah mobil listrik. Namun, salah satu tantangan yang dihadapi oleh mobil listrik adalah jarak tempuh yang terbatas dan waktu pengisian baterai yang relatif lama. Daya dan kecepatan adalah dua faktor kunci yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan kinerja mobil listrik. Pengembangan sistem pengendalian yang cerdas dan efektif untuk meningkatkan akselerasi pada mobil listrik berdasarkan kecepatan dan daya baterai menjadi sangat penting. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan logika fuzzy. Kemampuan model fuzzy dalam memetakan ketidakpastian menjadi suatu nilai output menjadi alasan untuk penggunaan model ini dalam prediksi keadaan. Pada penelitian ini dilakukan analisis akurasi prediksi akselerasi mobil listrik berdasarkan variabel kecepatan dan daya baterai menggunakan metode sugeno dan Mamdani. Hasil analisis yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa metode yang paling tepat untuk digunakan adalah metode Mamdani dengan nilai sebesar 61.39% lebih kecil tingkat kesalahannya dibanding dengan metode sugeno dengan nilai sebesar 61.46%.

Kata Kunci— *Fuzzy Logic, Metode Sugeno, Metode Mamdani, Mobil Listrik, Prediksi, Akurasi, Akselerasi*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan mendorong pertumbuhan pesat dalam pengembangan kendaraan ramah lingkungan. Salah satu jenis kendaraan yang semakin populer adalah mobil listrik. Mobil listrik menggunakan sumber energi listrik untuk menggerakkan mesinnya, yang mewujudkan pengurangan emisi gas rumah kaca dan pengurangan polusi udara. Selain itu, keuntungan lainnya adalah efisiensi yang lebih tinggi dalam konversi energi listrik menjadi gerakan, yang menghasilkan kinerja yang lebih baik dan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan mobil konvensional berbahan bakar minyak[1]. Namun, salah satu tantangan yang dihadapi oleh mobil listrik adalah jarak tempuh yang terbatas dan waktu pengisian baterai yang relatif lama. Daya dan kecepatan adalah dua faktor kunci yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan kinerja mobil listrik. Pengembangan

sistem pengendalian yang cerdas dan efektif untuk meningkatkan akselerasi pada mobil listrik berdasarkan kecepatan dan daya baterai menjadi sangat penting.

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan logika fuzzy. Logika fuzzy adalah metode pengendalian yang menggabungkan pemikiran manusia dengan matematika untuk menangani ketidakpastian dan keambiguan. Logika Fuzzy biasa digunakan untuk sistem penentuan atau prediksi. Pada logika boolean semua hal menggunakan 2 opsi pilihan yaitu 0 atau 1, hitam atau putih dan ya atau tidak, tetapi logika fuzzy dapat menyatakan dalam rentang 0 sampai 1, dengan tingkat kebenaran yang berbeda. [2]. Dalam konteks ini, penggunaan logika fuzzy Sugeno dan fuzzy Mamdani dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengetahui akselerasi pada mobil listrik.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengembangan sebuah sistem pengendalian menggunakan logika fuzzy Sugeno dan fuzzy Mamdani untuk mengetahui akselerasi pada mobil listrik. Sistem ini akan menganalisis kecepatan mobil dan daya baterai untuk menghasilkan keputusan yang optimal dalam meningkatkan akselerasi mobil listrik. Dengan mengoptimalkan penggunaan energi dan kecepatan, diharapkan mobil listrik dapat mencapai akselerasi yang lebih baik tanpa mengorbankan efisiensi dan daya tahan baterai.

Tujuan adanya penelitian ini untuk mengetahui metode fuzzy mana yang dapat menghasilkan prediksi terbaik dengan menghasilkan nilai keakuratan dari perhitungan dua metode fuzzy yang digunakan yaitu fuzzy sugeno dan Mamdani.

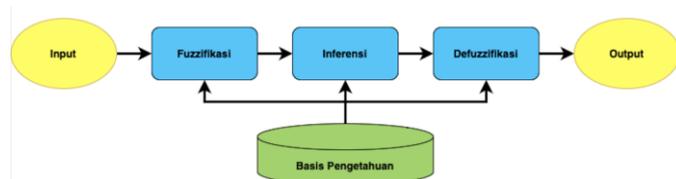
II. KAJIAN PUSTAKA

A. Fuzzy Logic

Fuzzy logic atau logika fuzzy merupakan salah satu cabang ilmu dalam kecerdasan buatan (Artificial Intelligent) yang dapat memodelkan konsep linguistik atau keadaan ketidakpastian dan ambiguitas dengan cara yang lebih dekat dengan pemikiran manusia sehingga dapat menduplikasi cara kerja otak atau kecerdasan manusia serta dapat menerima perintah manusia[3][4].

Sistem fuzzy adalah sistem logika fuzzy yang terdiri dari kumpulan fuzzy berbasis pengetahuan atau aturan fuzzy IF-THEN. Metode ini merumuskan pengalaman dan pengetahuan

manusia ke dalam bentuk matematis [5]. Gambar 1 menunjukkan sistem fuzzy yang terdiri dari nilai masukan (data crisp yang akan diproses), fuzzyfikasi (merubah nilai masukan data crisp dari kondisi menjadi nilai variabel linguistik dengan menggunakan fungsi anggota yang menjadi nilai masukan sistem[6]), inferensi fuzzy (langkah-langkah pencarian dan pemrosesan berdasarkan pada rule (aturan) yang sudah ditetapkan sebagai basis data untuk inferensi), defuzzifikasi (nilai keluaran dari proses yang diperoleh dari perubahan proses inferensi menjadi data crisp), basis pengetahuan fuzzy (ruang yang tersusun dari aturan), dan output (bagian hasil akhir dari proses fuzzy)[5]



Gambar 1. Sistem Fuzzy

B. Metode Fuzzy Sugeno

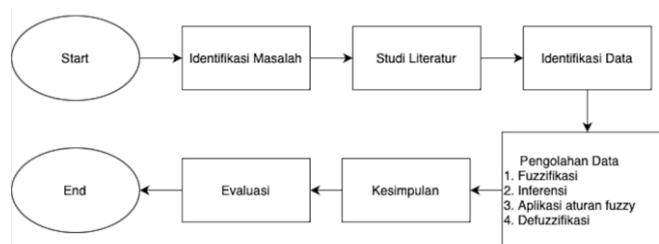
Metode Sugeno adalah pendekatan rancangan secara sistematis untuk menghasilkan aturan fuzzy dari dataset yang diberikan [7]. Nilai yang dihasilkan berupa persamaan linear dengan variabel yang sama dengan variabel input ciri dari Sugeno [8]. Sugeno memiliki aturan khusus yang akan membentuk sebuah aturan fuzzy, contohnya jika A adalah X dan B adalah Y, maka $C = f(A, B)$, X dan Y adalah himpunan fuzzy sebagai anteseden, dan hasilnya merupakan sebuah fungsi. Jika $f(A, B)$ adalah polinomial orde pertama, FIS yang dihasilkan disebut model fuzzy Sugeno orde pertama. Jika f konstan maka diperoleh model fuzzy Sugeno zero-fold [7].

C. Metode Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani dikenal sebagai metode min-max, karena menggunakan min atau minimum pada fungsi implisit dan maks atau maksimum pada komposisi fungsi implisit. Pada metode Mamdani, variabel masukan dan keluaran berbentuk himpunan fuzzy [7].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi merupakan langkah-langkah, peraturan, prosedur dan kegiatan yang dilakukan pada saat penelitian agar dapat terstruktur dengan baik[9]. Tahapan pada metodologi ini harus dilakukan sesuai dengan permasalahan yang sedang dibahas sehingga dengan batasan masalah yang ada penelitian dapat tersusun dengan baik[10]. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini terlihat pada Gbr. 2 yang dimulai dengan mengidentifikasi masalah, pengumpulan data serta studi literatur terkait permasalahan yang dibahas,



Gambar 2. Metodologi Penelitian

A. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah secara umum yaitu mengidentifikasi beberapa masalah yang harus diselesaikan. Arti kata dari identifikasi sendiri yaitu pengenalan, sehingga pada tahap awal penelitian aspek ilmiah sangat diperlukan untuk mengenali masalah [11]. Bidang yang akan dikaji pada jurnal ini yaitu bidang transportasi, akan tetapi mobil listrik mempunyai keistimewaan dibanding mobil dengan bahan bakar minyak (BBM) dan mobil yang ramah lingkungan.

B. Studi Literatur

Penelitian ini menggunakan studi literatur, yang merupakan rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan informasi daftar pustaka, pembacaan dan penyimpanan, serta pengolahan bahan penelitian [12].

C. Identifikasi Data

Tahap identifikasi data merupakan tahap yang berkaitan dengan data yang digunakan. Terdapat dua jenis variabel yang dipakai pada sistem, yaitu variabel input dan output. Pada penelitian ini menggunakan input dengan variabel kecepatan dan daya baterai, sedangkan output dengan variabel akselerasi.

Pada variabel kecepatan memiliki fungsi keanggotaan cepat, rata-rata, dan sangat cepat. Sedangkan variabel daya baterai memiliki fungsi keanggotaan rendah, sedang, dan tinggi. Untuk jangkauan atau range yang digunakan pada setiap variabel ada pada Tabel 1.

Tabel 1 Fungsi Keanggotaan

VARIABEL	LINGUISTIK	RANGE (JANGKAUAN)
KECEPATAN	Cepat	0 - 220
	Rata-rata	150 - 380
	Sangat Cepat	320 - 450
DAYA BATERAI	Rendah	0 - 70
	Sedang	50 - 150
	Tinggi	130 - 220
AKSELERASI	Lemah	0 - 12
	Sedang	10-20
	Kuat	16 - 25

D. Fuzzifikasi

Proses untuk mengubah data dengan masukan sistem yang bernilai numerik akan menjadi variabel linguistik. Pada proses ini akan dibentuk fungsi keanggotaan dari variabel masukan dan keluaran berdasarkan data yang tersedia (Sa'dan et al., 2019). Perhitungan yang digunakan untuk menghitung fungsi keanggotaan akan terikat dengan fungsi keanggotaannya. Rumus fungsi keanggotaan yang digunakan adalah berikut. (Jain dan Sharma, 2020)

$$\mu_a[x] = \begin{cases} 1 & p \leq x \leq q \\ \frac{r-x}{r-q} & q \leq x < r \\ 0 & x \geq r \end{cases}$$

$$\mu_b[x] = \begin{cases} 0 & x \leq p \text{ atau } x \geq r \\ \frac{x-p}{q-p} & p < x < q \\ \frac{x-q}{r-q} & b < x < r \\ 1 & x = q \end{cases}$$

Pada persamaan gambar diatas, terdapat lambang $\mu_a[x]$ yang mempunyai arti nilai dari fungsi keanggotaan dari suatu nilai x dalam tingkatan variabel dan $p, q, \text{ dan } r$ dengan nilai batas yang ditetapkan pada setiap fungsi keanggotaan.

E. Inferensi

Evaluasi aturan adalah pembentukan sebuah aturan dan dapat digunakan sebagai proses perubahan nilai, variabel masukan sistem mempunyai nilai numerik dan akan menjadi variabel bahasa. Operator AND atau OR dapat digunakan dalam aturan. Berikut merupakan contoh persamaan dari aturan[15].

IF kondisi 1 AND kondisi 2 AND kondisi 3 THEN kesimpulan

Operator AND adalah kondisi dari setiap variabel yang digunakan dan THEN menunjukkan hasil dari aturan yang digunakan.

Tabel 2 Aturan Fuzzy

	Rendah	Sedang	Tinggi
Cepat	Lemah	Sedang	Sedang
Rata-rata	Lemah	Sedang	Kuat
Sangat cepat	Sedang	Kuat	Kuat

Menurut Tabel 2, didapatkan 9 aturan fuzzy atau fuzzy rules pada saat proses inferensi.

F. Implementasi Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy dilakukan pada bentuk sebelumnya. Jika aturan menggunakan operator AND maka operasi MIN yang digunakan namun jika aturan operator OR maka MAX yang digunakan [16]. Pada perhitungan ini menggunakan aturan operator AND maka persamaan penerapan aturan fuzzy pada penelitian ini dapat dilihat pada persamaan[17].

$$\alpha \text{ predikat} = \mu p[x] \cap \mu q[x]$$

$$= \min [\mu p [x] ; \mu q [x]]$$

$\alpha \text{ predikat}$ adalah nilai terkecil dari setiap nilai fungsi keanggotaan x dan pada setiap variabel, $\mu p [x]$ merupakan nilai keanggotaan nilai x dalam variabel $p, \mu q [x]$ dan nilai keanggotaan nilai x dalam variabel $q, \mu r [x]$ merupakan nilai keanggotaan nilai x dalam variabel r , dan min merupakan operator untuk mencari nilai terkecil dari setiap nilai fungsi keanggotaan dari x pada setiap variabel.

G. Defuzzifikasi

Proses untuk merubah keluaran dari proses fuzzy yang didapatkan dari evaluasi aturan dan menghasilkan nilai numerik yang menggunakan nilai dari keanggotaan sebelumnya pada saat dilakukan perhitungan fuzzifikasi [18]. Defuzzifikasi merupakan proses yang membuktikan bahwa dari nilai fuzzy menuju nilai crisp[19]. Pada proses ini, nilai yang dimasukkan merupakan suatu himpunan fuzzy sedangkan keluarannya merupakan suatu nilai crisp tertentu [20]. Proses defuzzifikasi ini menggunakan metode mamdani menggunakan perhitungan centroid sedangkan proses defuzzifikasi dengan metode sugeno menggunakan perhitungan average.

H. Evaluasi

Pada tahap ini akan dilakukan perbandingan antara data metode sugeno dan Mamdani dengan data actual atau data sebenarnya untuk melihat hasil akurasi dari proses fuzzy yang telah dilakukan dan mengetahui metode yang mana yang cocok digunakan pada permasalahan ini.

I. Kesimpulan

Tahap dalam menyimpulkan hasil dari pembahasan yang telah dibahas.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian prediksi akselerasi pada mobil listrik berdasarkan variabel kecepatan dan daya baterai menggunakan data mobil listrik yang diperoleh dari kaggle, website penyedia dataset yang dibutuhkan pada perhitungan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence). Data yang digunakan terdiri dari 179 data. Tabel 2 berikut ini merupakan sampel dari dataset yang digunakan.

TABEL 3

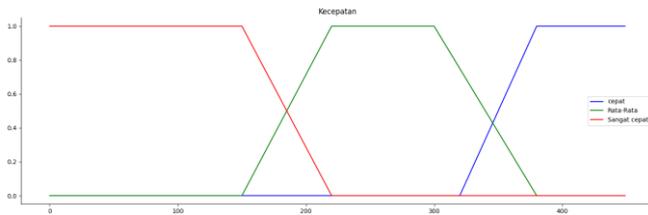
SAMPLE DATASET

Name	Subtitle	Acceleration	TopSpeed	Range	Efficiency	FastChargeSpeed
Tesla Roadster	Battery Electric Vehicle	200 kWh	2.1 sec	410 km/h	970 km	206 Wh/km
Tesla Model X Plaid	Battery Electric Vehicle	90 kWh	2.6 sec	262 km/h	455 km	198 Wh/km
Porsche Taycan Turbo S	Battery Electric Vehicle	83.7 kWh	2.8 sec	260 km/h	390 km	215 Wh/km
Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo	Battery Electric Vehicle	83.7 kWh	2.9 sec	250 km/h	380 km	220 Wh/km
Tesla Cybertruck Tri Motor	Battery Electric Vehicle	200 kWh	3.0 sec	210 km/h	750 km	267 Wh/km
Lucid Air Grand Touring	Battery Electric Vehicle	110 kWh	3.2 sec	270 km/h	660 km	167 Wh/km
Tesla Model S Long Range	Battery Electric Vehicle	90 kWh	3.2 sec	250 km/h	555 km	162 Wh/km
Porsche Taycan Turbo	Battery Electric Vehicle	83.7 kWh	3.2 sec	260 km/h	400 km	209 Wh/km
Tesla Model 3 Performance	Battery Electric Vehicle	76 kWh	3.3 sec	261 km/h	470 km	162 Wh/km

Pada Tabel 3 penulis menggunakan kolom "Subtitle" sebagai variabel daya baterai, "TopSpeed" sebagai variabel kecepatan, dan "Acceleration" merupakan nilai akselerasi sebenarnya.

A. Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi membentuk fungsi keanggotaan dari setiap variabel yaitu kecepatan dan daya baterai. Pada Gbr. 3 terlihat fungsi keanggotaan dari variabel kecepatan dengan linguistik cepat, rata-rata, dan sangat cepat.



Gbr. 3 Fungsi Keanggotaan Kecepatan

$$\mu_{KECcepat}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 150 \\ \frac{220-x}{220-150}, & 150 \leq x < 220 \\ 0, & x \geq 220 \end{cases}$$

$$\mu_{KECrata-rata}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 150, x \geq 320 \\ 1, & 150 < x < 320 \\ \frac{x-150}{220-150}, & 150 \leq x < 220 \\ \frac{380-x}{380-320}, & 320 \leq x < 380 \end{cases}$$

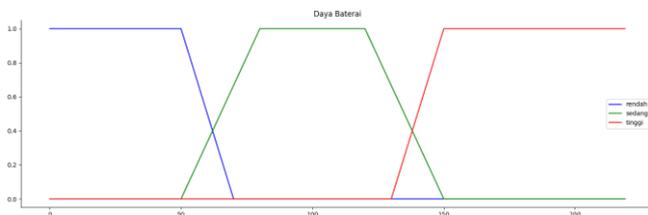
$$\mu_{KECsangatcepat}[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 380 \\ \frac{380-x}{380-320}, & 320 \leq x < 380 \\ 0, & x \leq 320 \end{cases}$$

Jika kecepatan diketahui sebesar 210 KM/Jam, maka

$$\text{Cepat} = \frac{220-210}{220-150} = \frac{10}{70} = 0.14285714285714285$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{210-150}{220-150} = \frac{60}{70} = 0.8571428571428571$$

Sangat cepat = 0



Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Daya Baterai

$$\mu_{DBrendah}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 50 \\ \frac{70-x}{70-50}, & 50 < x \leq 70 \\ 0, & x > 70 \end{cases}$$

$$\mu_{DBsedang}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 50, x \geq 150 \\ 1, & 80 \leq x < 120 \\ \frac{x-50}{70-50}, & 50 \leq x < 70 \\ \frac{150-x}{150-130}, & 130 \leq x < 150 \end{cases}$$

$$\mu_{DBtinggi}[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 150 \\ \frac{x-130}{380-320}, & 130 \leq x < 150 \\ 0, & x \leq 130 \end{cases}$$

jika daya baterai diketahui sebesar 200 kwh, maka

rendah = 0

sedang = 0

tinggi = 1

B. Inferensi

1) Inferensi Sugeno

rule 1: IF kecepatan Cepat AND daya Rendah THEN 0.2 * kecepatan + 0.4 * dayaBaterai + 0.1

rule 2: IF kecepatan Cepat AND daya Sedang THEN 0.2 * kecepatan + 0.6 * dayaBaterai + 0.2

rule 3: IF kecepatan Cepat AND daya Tinggi THEN 0.2 * kecepatan + 0.8 * dayaBaterai + 0.3

rule 4: IF kecepatan Rata-rata AND daya Rendah THEN 0.6 * kecepatan + 0.4 * dayaBaterai + 0.4

rule 5: IF kecepatan Rata-rata AND daya Sedang THEN 0.6 * kecepatan + 0.6 * dayaBaterai + 0.5

rule 6: IF kecepatan Rata-rata AND daya Tinggi THEN 0.6 * kecepatan + 0.8 * dayaBaterai + 0.7

rule 7: IF kecepatan Sangat Cepat AND daya Rendah THEN 1 * kecepatan + 0.4 * dayaBaterai + 0.6

rule 8: IF kecepatan Sangat Cepat AND daya Sedang THEN 1 * kecepatan + 0.6 * dayaBaterai + 0.8

rule 9: IF kecepatan Sangat Cepat AND daya Tinggi THEN 1 * kecepatan + 0.8 * dayaBaterai + 1

Perhitungan pada rule ini merupakan proses lanjutan dari perhitungan proses fuzzifikasi sebelumnya. Dengan mengambil data variabel kecepatan 210 km/jam dan daya baterai 200 kwh diperoleh fuzzifikasi sebagai berikut:

Kecepatan => Cepat : 0.14285714285714285

=> Rata-Rata : 0.8571428571428571

=> Sangat Cepat : 0

Daya Baterai => Rendah : 0

=> Sedang : 0

=> Tinggi : 1

maka contoh perhitungan inferensi rule 1:

$$0.2 * 0.14285714285714285 + 0.4 * 0 + 0.1 = 0.1285$$

2) Inferensi Mamdani

rule 1: IF kecepatan Cepat AND daya Rendah THEN akselerasi Lemah

rule 2: IF kecepatan Cepat AND daya Sedang THEN akselerasi Lemah

rule 3: IF kecepatan Cepat AND daya Tinggi THEN akselerasi Sedang

rule 4: IF kecepatan Rata-rata AND daya Rendah THEN akselerasi Sedang

rule 5: IF kecepatan Rata-rata AND daya Sedang THEN akselerasi Sedang

rule 6: IF kecepatan Rata-rata AND daya Tinggi THEN akselerasi Kuat

rule 7: IF kecepatan Sangat Cepat AND daya Rendah THEN akselerasi Sedang

rule 8: IF kecepatan Sangat Cepat AND daya Sedang THEN akselerasi Kuat

rule 9: IF kecepatan Sangat Cepat AND daya Tinggi THEN akselerasi Kuat

C. Aplikasi Aturan Fuzzy

Menentukan nilai μ pada setiap fuzzy rule yang digunakan merupakan proses dari tahap aplikasi aturan fuzzy. Dengan ketentuan apabila aturan menggunakan AND maka menggunakan operasi MIN. sedangkan pada aturan yang menggunakan OR akan menggunakan operasi MAX[21]. Berikut ini contoh dari perhitungan aplikasi aturan fuzzy.

rule 1:

$$\begin{aligned} & \mu_{KECcepat} \cap \mu_{DB} = \min[\mu_{KECcepat}(210); \mu_{DB}(200)] \\ & = \min[0.14285714285714285; 0] \\ & = 0 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, diperoleh suatu nilai μ pada aturan pertama dari suatu data. Dimana suatu nilai keanggotaan μ dalam variabel kecepatan pada linguistik cepat disimbolkan dengan $\mu_{KECcepat}[\mu]$, sedangkan suatu nilai keanggotaan μ dalam variabel daya baterai pada linguistik rendah disimbolkan $\mu_{DB}[\mu]$. Lakukan perhitungan yang sama di setiap aturan yang digunakan sehingga memperoleh nilai μ dari keseluruhan aturan yang digunakan pada data.

D. Defuzzifikasi

1) Defuzzifikasi Sugeno

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\sum(\alpha_i \times z_i)}{\sum \alpha_i} \\ &= \frac{(\alpha_1 \times z_1) + (\alpha_2 \times z_2) + (\alpha_3 \times z_3) + \dots + (\alpha_8 \times z_8) + (\alpha_9 \times z_9)}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9} \\ &= \frac{1.866}{0.99} \\ &= 1.88 \end{aligned}$$

TABEL 4
SAMPLE PREDIKSI SUGENO

Name	Subtitle	TopSpeed	Sugeno
Tesla Roadster	Battery Electric Vehicle 200 kWh	410 km/h	2.800000
Tesla Model X Plaid	Battery Electric Vehicle 90 kWh	262 km/h	1.700000
Porsche Taycan Turbo S	Battery Electric Vehicle 83.7 kWh	260 km/h	0.000000
Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo	Battery Electric Vehicle 83.7 kWh	250 km/h	0.000000
Tesla Cybertruck Tri-Motor	Battery Electric Vehicle 200 kWh	210 km/h	1.887755

2) Defuzzifikasi Mamdani

pada defuzzifikasi mamdani menggunakan min-max, pada contoh perhitungan ini untuk min dan max bernilai 0.14 dan 0.85.

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\int \mu(z) \cdot z \, dz}{\int \mu(z) \, dz} \\ &= 0.7551020408163265 \end{aligned}$$

Tabel 5 Sample Prediksi Mamdani

Name	Subtitle	TopSpeed	Mamdani
Tesla Roadster	Battery Electric Vehicle 200 kWh	410 km/h	1.000000
Tesla Model X Plaid	Battery Electric Vehicle 90 kWh	262 km/h	1.000000
Porsche Taycan Turbo S	Battery Electric Vehicle 83.7 kWh	260 km/h	0.000000
Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo	Battery Electric Vehicle 83.7 kWh	250 km/h	0.000000
Tesla Cybertruck Tri-Motor	Battery Electric Vehicle 200 kWh	210 km/h	0.755102

E. Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan evaluasi dengan melakukan perhitungan akurasi prediksi antara data sebenarnya dengan perhitungan fuzzy. Penelitian ini menerapkan salah satu perhitungan nilai error yaitu AFER (Average Forecasting Error Rate). AFER merupakan salah satu cara dalam menentukan suatu nilai error atau kesalahan dari suatu prediksi keadaan. Berikut ini adalah rumus AFER.

$$AFER = \frac{\sum (A_i - F_i)}{n} \times 100\%$$

Dengan A_i adalah nilai aktual pada data, F_i adalah nilai hasil prediksi untuk data ke- i , dan n adalah banyaknya data[22].

Tabel 6 Sample Akurasi Sugeno

Name	Acceleration	Sugeno	Accuracy
Tesla Roadster	2.1	2.800000	0.910345
Tesla Model X Plaid	2.6	1.700000	0.880296
Porsche Taycan Turbo S	2.8	0.000000	0.862069
Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo	2.9	0.000000	0.857143
Tesla Cybertruck Tri-Motor	3.0	1.887755	0.861516

Pada metode sugeno diperoleh rata-rata akurasi dari keseluruhan data sebesar 61.46%

Tabel 6 Sample Akurasi Mamdani

Name	Acceleration	Mamdani	Accuracy
Tesla Roadster	2.1	1.000000	0.901478
Tesla Model X Plaid	2.6	1.000000	0.876847
Porsche Taycan Turbo S	2.8	0.000000	0.862069
Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo	2.9	0.000000	0.857143
Tesla Cybertruck Tri-Motor	3.0	0.755102	0.855936

Pada metode sugeno diperoleh rata-rata akurasi dari keseluruhan data sebesar 61.39%

V. KESIMPULAN

Metode yang digunakan pada penelitian terhadap prediksi akselerasi pada mobil listrik adalah fuzzy sugeno dan fuzzy mamdani. Setelah melakukan tahapan dan perhitungan diperoleh nilai prediksi sugeno adalah 0.6146 dan nilai prediksi mamdani sebesar 0.6139.

Dari pembahasan tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa metode mamdani merupakan metode yang lebih tepat guna pengukuran akselerasi karena memiliki tingkat kesalahan lebih kecil dibanding dengan metode sugeno yaitu 61.39%. Meskipun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan dengan metode sugeno dengan tingkat kesalahan 61.46%.

REFERENSI

- [1] Evihsa FKM UI, (2022), "Mobil Listrik, Persoalan atau Pemecahan Masalah?" diakses pada tanggal 14 Juni 2023 melalui: <https://envihsa.fkm.ui.ac.id/2022/11/25/mobil-listrik-persoalan-atau-pemecahan-masalah/>
- [2] A. Rico., Vitriani., U. S. Rahayu Alfitri, "Analisis Perbandingan Kalkulasi Manual Fuzzy Logic Metode Mamdani Dan Tsukamoto Pada Penentuan Tipe Diabetes Melitus," *Journal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)* ., vol. 2, no 3, pp.12- 23, 2020
- [3] A. Burhanuddin, "Analisis Komparatif Inferensi Fuzzy Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno Terhadap Produktivitas Padi di Indonesia," *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology.*, vol.2, no.1, 2023
- [4] M. Dandi., T. Hidayat, "Analisis Prediksi Sistem Virtual Machine Server Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *TEKNOKOM.*, vol. 3, no. 1, 2020
- [5] E. W. Hary Candana., I. G. Aris Gunadi., D. G. H. Divayana, "Perbandingan Fuzzy Tsukamoto, Mamdani Dan Sugeno Dalam Penentuan Hari Baik Pernikahan Berdasarkan Wariga Menggunakan Confusion Matrix," *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia (JIK).*, vol. 6, no.2, 2021
- [6] P. S. Ramadhan dan U. Fatimah, "Mengenal Metode Sistem Pakar," *Uwais Inspirasi Indonesia*, 2018.
- [7] H. Nizar., A. S. Shafira., J. Aufaresa., M. A. Awliya., U. Athiyah, "Perbandingan Metode Logika Fuzzy Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes," *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika (Telekomunikasi, Multimedia dan Informatika).*, vol.12, no.1, pp. 37-41, 2021
- [8] S. S. Lina Mulani, "Penerapan Fuzzy Inference System Sugeno untuk Menentukan Jumlah Pembelian Obat (Studi Kasus: Garuda Sentra Medika)," *Jurnal Informatika Universitas Pamulang.*, vol. 3, no.2, pp. 104-109, 2018
- [9] G. Prakarsa., V. M. Nasution, "Penerapan Logika Fuzzy Menggunakan Metode Mamdani Pada Prediksi Jumlah Kasus Positif Covid-19," *Jurnal Media Informatika Budidarma.*, vol. 5, no.4, pp. 1660 - 1666, 2021
- [10] A. P. Sari., A. N. Sihananto., D. A. Prasetya., M. M. Al Haromainy, "Pengelompokan Tingkat Penyebaran Covid 19 Pada Kabupaten Jombang Dengan Menggunakan Algoritma K Means," *SCAN: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi.*, vol. XVII, no. 3, 2022
- [11] Sari, M., Siswati, T., Suparto, A. A., Ambarsari, I. F., Azizah, N., Safitri, W., & Hasanah, N. (2022). Metodologi penelitian. *Global Eksekutif Teknologi*.
- [12] Azizah., Fauziah, "Implementasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Persediaan Barang Dengan Metode Mamdani," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi).*, vol. 5, no.1, 2020
- [13] Sa'dan, A., Haryanto, H., Astuti, S., & Rahayu, Y. (2019). Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Prediksi Banjir. *Eksplora Informatika*, 8(2), 104–111. <https://doi.org/10.30864/eksplora.v8i2.154>
- [14] Jain, A., & Sharma, A. (2020). Membership Function Formulation Methods for Fuzzy Logic Systems: a Comprehensive Review. *Critical Reviews*, 7(19), 2020.
- [15] Chaudhary, A. (2019). Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference Systems Comparison for Detection of Packet Dropping Attack in Mobile Ad Hoc Networks. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 814). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1501-5_70
- [16] Irsan, M. Y. T., Kasau, M. I., & Simbolon, I. P. (2019). Penggunaan Fuzzy Logic & Metode Mamdani untuk Menghitung Pembelian, Penjualan dan Persediaan. *JAAF (Journal of Applied Accounting and Finance)*, 3(1), 37. <https://doi.org/10.33021/jaaf.v3i1.677>
- [17] Thaker, S., & Nagori, V. (2018). Analysis of Fuzzification Process in Fuzzy Expert System. *Procedia Computer Science*, 132, 1308–1316. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.047>
- [18] Sulistyowati, R. A., & Millah, N. (2021). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Mengidentifikasi Banjir Berdasarkan Curah Hujan dan Suhu di Kota Balikpapan pada Tahun 2015 sampai 2019. 5(2), 130–138
- [19] Chakraborty, A., Mondal, S. P., Alam, S., Ahmadian, A., Senu, N., De, D., & Salahshour, S. (2019). The Pentagonal Fuzzy Number: Its Different Representations, Properties, Ranking, Defuzzification and Application in Game Problems. *Symmetry*, 11(2), 248. <https://doi.org/10.3390/sym11020248>
- [20] Doni, R., & Rahman, M. (2020). Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, 4(2), 516–522. <http://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jsakti/article/view/243>
- [21] Irsan, M. Y. T., Kasau, M. I., & Simbolon, I. P. (2019). Penggunaan Fuzzy Logic & Metode Mamdani untuk Menghitung Pembelian, Penjualan dan Persediaan. *JAAF (Journal of Applied Accounting and Finance)*, 3(1), 37. <https://doi.org/10.33021/jaaf.v3i1.677>
- [22] Fauzan, M. A., Setiawan, B. D., & Indriati. (2019). Algoritma genetika untuk optimasi fuzzy time series dalam memprediksi debit air (studi kasus: PDAM Indramayu). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 831-8