

ANALISIS SISTEM KENDALI JARAK PADA KENDARAAN BERPENUMPANG MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN KENDALI *FUZZY LOGIC*

Dyan Affandys¹, M. Toriqul Amien², Luki Utomo³

^{1, 2, 3} Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pamulang

^{1, 2, 3} Jl. Raya Puspitek, Buaran, Ke. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310

¹ Affandys11@gmail.com

² dosen01794@unpam.ac.id

³ dosen00904@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 01 Nov 2023
revisi : 08 Nov 2023
diterima : 15 Nov 2023
dipublish : 22 Nov 2023

ABSTRAK

Telah dibuat sistem pengendali jarak pada kendaraan berpenumpang. Sistem pengendali jarak ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek yang menghalangi di depan *prototipe* pengendali jarak dengan kontrol *fuzzy logic*. Alarm dan *solenoid push* akan aktif jika terdapat objek dengan jarak sudah ditentukan menghalangi di depannya. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi angka kecelakaan lalu lintas serta meningkatkan keselamatan dan keamanan penumpang terutama si pengemudi ketika dalam kondisi hilangnya konsentrasi yang diakibatkan oleh kelalaian atau kelelahan.

Kata kunci : Sistem Pengereman; Sensor Ultrasonik; Solenoid Push; Kendali Logik Fuzzy.

ABSTRACT

Analysis of Distance Control System In Passenger Vehicles Using Ultrasonic Sensors With Fuzzy Logic Control. A distance control system has been implemented for passenger vehicles. This distance control system uses an ultrasonic sensor to detect objects that are blocking in front of the prototype of the distance controller with fuzzy logic control. The alarm and solenoid push will activate if an object with a predetermined distance is blocked in front of it. This system is expected to reduce the number of traffic accidents and improve the safety and security of passengers, especially the driver when the condition of loss of concentration is caused by neglect or fatigue.

Keywords : Breaking System; Ultrasonic Sensor; Solenoid Push; Fuzzy Logic Control.

PENDAHULUAN

Sistem pengereman merupakan sebuah proses mekanis yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju pada kendaraan (Nissan Motor Indonesia, 2012). Dalam teknologi pada bidang otomotif, efektivitas dan efisiensi merupakan hal yang penting

agar dalam penerapannya dapat mencapai hasil yang baik, dan tetap dapat mengutamakan sistem keselamatan dan kenyamanan pada kendaraan itu sendiri. Salah satu penggunaan pada teknologi pada bidang otomotif yang sangat penting adalah sistem keselamatan dan keamanan pada kendaraan. Sistem keselamatan untuk kendaraan bermotor, terutama untuk mobil dan kendaraan niaga lainnya sudah semakin berkembang ke arah yang lebih modern contoh fitur yang diterapkan pada kendaraan saat ini adalah *Anti-lock Braking System (ABS)*, *electronic brake system (EBD)*, *Supplemental Restraint System (SRS) Air Bag*, *Seatbelt* dan masih banyak lagi yang saat ini sudah diterapkan pada kendaraan.

Seperti yang kita tahu kesadaran pengemudi akan keselamatan dalam berkendara di Indonesia masih sangat rendah. Menurut data dari badan pusat statistik angka kecelakaan dari tahun 2015 sampai tahun 2017 mengalami kenaikan yang cukup signifikan, rata – rata bertambah 3000 kecelakaan pertahunnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Meningkatnya angka kecelakaan di jalan raya disebabkan oleh beberapa faktor, yang pertama adalah faktor kondisi kendaraan yang kurang layak jalan dan tidak memenuhi standar keamanan yang sudah ditetapkan. Faktor kedua yaitu, faktor kelalaian dan kurang konsentrasi pada pengemudi, dan yang ketiga terdapat juga faktor prasarana dan lingkungan. Menurut data dari POLANTAS pada tahun 2013, jumlah kecelakaan yang dialami pada kendaraan berpenumpang sebanyak 21.304 kali, dan faktor penyebab terbesarnya adalah lengah yang terjadi sebanyak 29.241 kali (Korlantas POLRI, 2023).

Berdasarkan beberapa permasalahan di atas, untuk mengurangi angka kecelakaan lalu lintas. Maka dibuatlah suatu sistem yaitu sistem pengendali jarak yang dapat bekerja dengan proses pengereman otomatis terhadap suatu objek didepannya. Sistem ini berguna untuk mencegah atau menjaga jarak aman dengan kendaraan lain agar terhindar dari benturan yang dapat menyebabkan kecelakaan serius. Pada sistem pengendali jarak ini menggunakan kontrol *fuzzy logic*. Dengan melakukan analisis menggunakan kontrol *fuzzy logic* dapat diketahui reaksi pengereman yang terjadi ketika mobil melaju berdasarkan kecepatan, jarak dan beban tertentu sesuai nilai yang sudah ditetapkan.

TEORI

A. LOGIKA FUZZY

Logika fuzzy merupakan suatu teori himpunan logika yang digunakan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat diantara benar (*true*) dan salah (*false*) (Irwansyah & Faisal, 2015). Salah satu teknik *fuzzy inference* yang umum dan sering digunakan adalah metode Mamdani. Pada metode Mamdani, proses implikasi *fuzzy* menggunakan 2 operator yaitu, operator *min* atau *conjunction* yang merupakan nilai minimum, sedangkan aturan agregasi atau operator *max* yang merupakan nilai maksimum (Irwansyah & Faisal, 2015). Metode *fuzzy* memiliki empat tahapan dalam memproses variabel input. Keempat tahapan tersebut yaitu :

1. *Fuzzification*

Tahap pertama dalam metode Mamdani, adalah mengubah *crisp* input menjadi angka *fuzzy*, dan meletakkan pada *fuzzy set* yang benar.

2. *Rule Evaluation*

Setelah dilakukan *fuzzification*, selanjutnya aturan yang berlaku akan dievaluasi bersamaan dengan *fuzzy set* yang sudah didapatkan. Pada kondisi *rule evaluation* maka persamaan (1) yang digunakan adalah sebagai berikut (Munandar & Aria, 2016; Rizianiza & Djafar, 2017),

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A[x], \mu_B[x]) \quad (1)$$

di mana μ adalah *fuzzy set*, $\mu_A[x]$ merupakan kumpulan *fuzzy set* A dari x, dan $\mu_B[x]$ = kumpulan *fuzzy set* B dari x. Apabila kondisinya menggunakan OR maka persamaannya menjadi sebagai berikut (Munandar & Aria, 2016; Rizianiza & Djafar, 2017),

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A[x], \mu_B[x]) \quad (2)$$

di mana μ adalah *fuzzy set*, $\mu_A[x]$ merupakan kumpulan *fuzzy set* A dari x dan $\mu_B[x]$ merupakan kumpulan *fuzzy set* B dari x.

3. Rule Aggregation

Pada tahapan ini hal yang dilakukan yaitu, melakukan agregasi pada output set yang diambil dari nilai maksimum dengan cara menggunakan fungsi *max*.

$$\mu_{sf}(x) \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_j]) \quad (3)$$

dengan μ_{sf} adalah *fuzzy set*.

4. Defuzzification

Setelah dilakukan agregasi, selanjutnya adalah proses mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp output*. Pada proses *defuzzification* metode yang digunakan adalah metode *centroid* atau yang sering disebut dengan *Center of Gravity (COG)* (Irwansyah dkk., 2015). Untuk persamaannya (4) dapat dilihat di bawah ini.

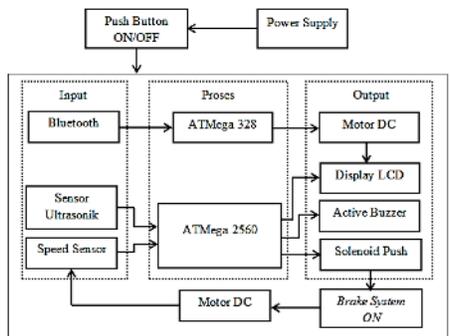
$$COG = Z^* = \frac{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)} \quad (4)$$

B. SISTEM PENEREMAN

Rem (*brake*) merupakan salah satu komponen pada kendaraan dengan cara kerja mekanik yang sangat penting dan vital keberadaannya. Dengan terdapatnya sistem pengereman akan memberikan gaya gesek pada suatu massa yang bergerak sehingga berkurang kecepatannya dan berhenti. Pemakaian sistem rem banyak ditemukan pada sistem mekanik dengan kecepatan gerakannya berubah-ubah seperti pada roda kendaraan bermotor, poros berputar, dan lainnya. Dapat disimpulkan bahwa fungsi utama rem adalah untuk memperlambat putaran poros, menghentikan putaran poros, dan juga mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Efek pada proses pengereman secara mekanis diperoleh dengan gesekan (Guo, Jian & Lin, 2014; Aremice, 2019).

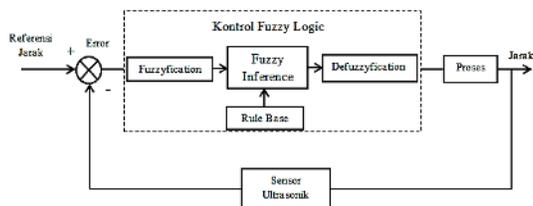
METODOLOGI

Diagram blok di Gambar 1, menggambarkan sistem pada prototipe kendaraan pengendali jarak secara keseluruhan dan hubungan antara komponen pendukung dengan rangkaian sistem *mikrokontroller*.



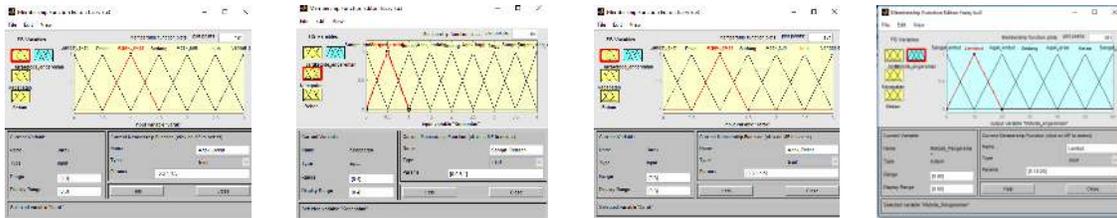
Gambar 1. Blok Diagram Perancangan *Hardware*.

Dalam penelitian ini pembuatan sistem pengendali jarak pada kendaraan berpenumpang dengan kontrol *fuzzy logic* diberikan pada Gambar 2 berikut,



Gambar 2. Blok Diagram Kontrol Pengendali Jarak

Sistem pengendali jarak ini dirancang dengan fungsi sebagai pengereman otomatis. Dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic* yang memiliki inputan atau masukan yang telah ditentukan berupa jarak dari sensor ultrasonik (Athallah & Pradana, 2022). Kemudian mikrokontroller akan memproses dengan kendali *fuzzy logic* setelah itu akan diteruskan ke relay dan akan menggerakkan *solenoid push* lalu terjadilah proses pengereman untuk memperlambat dan menghentikan laju dari prototipe pengendali jarak. Jika jarak terbaca sensor menyatakan aman maka *fuzzy logic* akan mengembalikan posisi *solenoid push* ke posisi semula (*release brake system*). Pada perancangan sistem pengendali jarak dengan kontrol *fuzzy logic* ini menggunakan 3 variabel masukan yaitu jarak, kecepatan dan beban, dan satu variabel keluaran yaitu metode pengereman. Pada Gambar 3 diberikan fungsi keanggotaan masukan dan keluaran.



(a) (b) (c)
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan (a) jarak, (b) kecepatan, (c) beban, dan keluaran (d) metode pengereman.

Jarak dibagi menjadi 7 kriteria yaitu, sangat dekat, dekat, agak dekat, sedang, agak jauh, jauh dan sangat jauh. Jarak memiliki rentang 0 – 3 m. Untuk kecepatan dibagi menjadi 9 kriteria yaitu, sangat rendah sekali, sangat rendah, rendah, agak rendah, sedang, agak tinggi, tinggi, sangat tinggi dan sangat tinggi sekali. Kecepatan dengan rentang 0 – 4 m/s. Untuk beban dibagi menjadi 11 kriteria yaitu, sangat ringan sekali, sangat ringan, ringan, agak ringan, agak sedang, sedang, sangat sedang, agak berat, berat, sangat berat dan sangat berat sekali. Dengan rentang beban berkisar 1 – 2 Kg. Pembagian kriteria tiap variabel diberikan pada Tabel 1 sampai Tabel 3.

Tabel 1. Himpunan Keanggotaan Jarak

Fungsi	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
Masukan (<i>input</i>)	Jarak (m)	Sangat dekat	0,0 – 0,5
		Dekat	0,0 – 1,0
		Agak dekat	0,5 – 1,5
		Sedang	1,0 – 2,0
		Agak jauh	1,5 – 2,5
		Jauh	2,0 – 3,0
		Sangat jauh	2,5 – 3,0

Tabel 2. Himpunan Keanggotaan Kecepatan

Fungsi	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
Masukan (<i>input</i>)	Kecepatan (m/s)	Sangat rendah sekali	0,0 – 0,5
		Sangat rendah	0,0 – 1,0
		Rendah	0,5 – 1,5
		Agak rendah	1,0 – 2,0
		Sedang	1,5 – 2,5
		Agak tinggi	2,0 – 3,0
		Tinggi	2,5 – 3,5
		Sangat tinggi	3,0 – 4,0
		Sangat tinggi sekali	3,5 – 4,0

Tabel 3. Himpunan Keanggotaan Beban

Fungsi	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
Masukan (<i>input</i>)	Berat (kg)	Sangat ringan sekali	0,0 – 1,1
		Sangat ringan	0,0 – 1,2
		Ringan	1,1 – 1,3
		Agak ringan	1,2 – 1,4

		Agak sedang	1,3 – 1,4
		Sedang	1,4 – 1,6
		Sangat sedang	1,5 – 1,7
		Agak berat	1,6 – 1,8
		Berat	1,7 – 1,9
		Sangat berat	1,8 – 2,0
		Sangat berat sekali	1,9 – 2,0

Data dari ketiga inputan tersebut akan diproses oleh *mikrokontroler ATmega 2560* dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic*. Sistem ini menghasilkan *output* berupa metode pengereman yang akan digerakkan oleh dua buah *solenoid push*. Gambar 3.(d) merupakan *output* fungsi keanggotaan metode pengereman. Untuk data *output* metode pengereman dibagi menjadi 7 kriteria yaitu, sangat lembut, lembut, agak lembut, sedang, agak keras, keras dan sangat keras. Untuk metode pengereman mempunyai nilai batasan 0 – 60 kg.m/s². Untuk nilai himpunan keanggotaan beban dapat dilihat pada Tabel 4 berikut,

Tabel 4. Himpunan Keanggotaan Metode Pengereman

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Keluaran (<i>output</i>)	Metode pengereman (kg.m/s ²)	Sangat lembut	0 – 10
		Lembut	0 – 20
		Agak lembut	10 – 30
		Sedang	20 – 40
		Agak keras	30 – 50
		Keras	40 – 60
		Sangat keras	50 – 60

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan alat ini akan dilakukan beberapa pengujian seperti, pengujian *power supply*, pengujian sensor *ultrasonik*, pengujian *solenoid push*, pengujian sistem pada prototipe dan *fuzzy logic*. Pengujian pertama adalah pengujian *power supply* dengan tujuan untuk mengetahui apakah tegangan yang dihasilkan oleh *power supply* sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, dan juga bertujuan untuk mengetahui apakah ada drop tegangan yang pada *power supply* setelah diberikan beban. Hasil pengujian *power supply* dapat dilihat pada Tabel 5,

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan *Power Supply* Terhadap Beban

Pengukuran ke	Kondisi Tegangan (V)			
	Tanpa beban	Ditambah beban sensor	Ditambah beban solenoid	Beban keseluruhan
1	12,03	12,0	7,62	10,03
2	12,03	12,0	7,22	10,01
3	12,03	12,0	7,87	10,03
4	12,03	12,0	7,91	10,05
5	12,03	12,0	7,39	10,06

hasil pengukuran tegangan *power supply* hasil pengukuran *output* tegangan sudah sesuai dengan yang diharapkan sehingga dapat digunakan untuk menjalankan komponen yang terdapat pada prototipe. Pengujian kedua adalah pengujian sensor *ultrasonik HC-SR04*. Pada pengujian sensor *ultrasonik*, bertujuan untuk mengetahui apakah sensor ini bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan cara memberikan berbagai variasi jarak objek di depan sensor *ultrasonik*, lalu membandingkan nilai jarak pembacaan sensor yang ditampilkan melalui LCD dengan nilai jarak pada alat ukur meteran. Untuk hasil pengujian sensor *ultrasonik* dapat dilihat pada Tabel 6,

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor *Ultrasonik HC-SR04*

No.	Pengukuran Jarak (cm)			Persentase (%)
	Meteran	Sensor	Selisih	
1	10	10	0	0
2	20	19	1	0,0500
3	30	30	0	0
4	40	39	1	0,0250
5	50	49	2	0,0400
6	60	60	0	0
7	70	69	1	0,0140
8	80	79	1	0,0125
9	90	89	1	0,0111
10	100	100	0	0

Hasil pengukuran yang didapat dari alat ukur berupa meteran dan sensor ultrasonik, dengan nilai jarak yang diukur mulai dari yang terendah 10 cm sampai yang tertinggi 100 cm. Pada hasil pengukuran jarak dengan menggunakan alat ukur meteran dan sensor ultrasonik, ditemukan beberapa pengukuran terjadi selisih pada pembacaan sensor ultrasonik terhadap meteran. Pengujian ketiga adalah pengujian *solenoid*. *Solenoid* yang digunakan adalah jenis *solenoid push* yang berfungsi untuk mendorong atau menekan sebuah objek. Pada pengujian *solenoid push* bertujuan untuk mengetahui berapa nilai tekanan yang dihasilkan pada kedua buah *solenoid push* jika diberikan nilai tegangan yang berbeda – beda. Untuk hasil dari pengujian *solenoid* dapat dilihat pada Tabel 7 berikut,

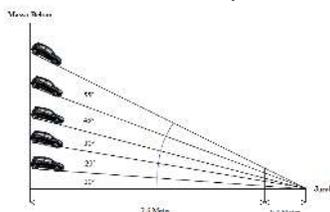
Tabel 7. Hasil Pengujian *Solenoid Push*

Pengukuran tegangan (V)	Pengukuran beban maksimal (kg)						Keterangan
	Solenid 1			Solenoid 2			
	1	2	3	1	2	3	
3	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	Ok
6	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	Ok
9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	Ok
12	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	Ok

Hasil yang didapat pada pengujian *solenoid* adalah apabila *solenoid* diberi tegangan sebesar 3 V menghasilkan torsi maksimal sebesar 3,8 Kg, selanjutnya apabila diberi tegangan sebesar 6 V, torsi maksimalnya adalah 5,2 Kg, selanjutnya pada saat *solenoid* diberikan tegangan sebesar 9 V, diperoleh torsi maksimal yang dihasilkan sebesar 6 Kg, dan tegangan

sebesar 12 V dihasilkan torsi maksimal yang dihasilkan adalah 8 Kg. Setelah dilakukan pengukuran torsi tekanan dari *solenoid* ini, dapat disimpulkan kondisi *solenoid* bekerja dengan baik sesuai dengan spesifikasinya.

Pengujian keempat adalah pengujian prototipe sistem pengendali jarak. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan atau mengoperasikan prototipe untuk melihat kemungkinan kesalahan yang terjadi pada setiap prosesnya. Pengujian pada sistem ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektifkah kontrol pengereman dengan menggunakan kendali *fuzzy logic*, serta pengambilan data *fuzzy logic* yang meliputi *fuzzifikasi*, *rule base* dan *defuzzifikasi* pada sistem pengendali jarak. Dalam pengujian ini hal pertama yang dilakukan adalah menentukan variasi beban pada prototipe yang akan diujikan pada papan luncur (Budiyanto, 2013). Variasi beban yang digunakan pada prototipe dibagi menjadi 5 kategori beban, dengan beban minimum 1 Kg dan maksimum 2 Kg. Pengukuran beban prototipe menggunakan alat timbangan dengan spesifikasi maksimal beban yang dapat diukur sebesar 5 Kg. Untuk kemiringan papan luncur sudut yang digunakan adalah 10°, 20°, 30°, 45° dan 55°. Skema pengukuran diilustrasikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema Percobaan Pengereman

Untuk pengujian pada sistem *hardware* pada Gambar 6, meliputi pengujian waktu, jarak, percepatan dan kecepatan. Untuk mendapatkan hasil dari perhitungan berdasarkan waktu cara pengambilan data yang dilakukan, adalah dengan menguji prototipe dengan papan luncur sepanjang 3 meter dan mulai menjalankan dari titik awal sampai titik akhir yang sudah ditentukan, lalu laju prototipe dari titik awal sampai titik akhir dihitung menggunakan *stopwatch*. Untuk mendapatkan hasil perhitungan kecepatan cara yang diambil adalah, dengan memasukkan hasil nilai yang di dapat dari hasil pengambilan data waktu dan jarak, dengan menggunakan persamaan (5) berikut ini :

$$v = \frac{s}{t} \tag{5}$$

di mana v adalah kecepatan (m/s), s adalah jarak (m) dan t adalah waktu tempuh (detik). Sedangkan untuk menghitung nilai dari percepatan prototipe maka digunakan persamaan (6) berikut ini :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(v_2 - v_1)}{(t_2 - t_1)} \tag{6}$$

di mana a adalah percepatan rata – rata (m/s^2), Δv merupakan perubahan kecepatan (m/s), Δt merupakan selang waktu (s), v_1 adalah kecepatan awal (m/s), v_2 adalah Kecepatan akhir (m/s), t_1 merupakan waktu awal (s) dan t_2 adalah waktu akhir (s). Setelah dilakukan pengujian mulai dari beban 1 sampai 5 dan dengan sudut 10° sampai 55°. Selanjutnya

mengelompokkan rata – rata kecepatan dari setiap pengujian. Dalam pengelompokkan data ini akan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata – rata Kecepatan

Sudut (°)	Kecepatan beban (m/s)				
	1	2	3	4	5
10	1,31	1,31	1,21	1,22	1,23
20	1,69	1,84	1,98	1,88	1,73
30	1,94	2,30	2,07	2,07	2,70
45	2,30	2,61	2,24	2,36	3,58
55	2,58	3,06	2,54	2,65	4,01

Hasil dari pengujian beban 1 sampai beban 5 dan pada sudut 10° sampai sudut 55° terdapat perubahan kecepatan yang dihasilkan. Kecepatan akan semakin meningkat seiring dengan perubahan sudut yang meningkat. Untuk kecepatan terendah sebesar 1,21 m/s, yang terjadi pada saat pengujian beban 3 dengan sudut 10°, dan kecepatan tertinggi adalah 4,01 m/s, yang terjadi pada saat pengujian beban 5 dengan sudut 55°.

Pengujian logika *fuzzy* bertujuan untuk menentukan proses logika fuzzy untuk sistem kendali jarak, yang akan diprogram ke dalam mikrokontroler. Perangkat lunak *Mathlab* digunakan untuk mensimulasikan sistem, sehingga memungkinkan untuk mendesain sistem kontrol logika *fuzzy*. Sistem ini memiliki tiga variabel masukan, yaitu kecepatan, jarak, dan beban, serta sebuah variabel keluaran, yaitu metode pengereman. Dalam proses *fuzzy* terdiri empat tahap, yaitu menentukan fungsi keanggotaan, *fuzzyfikasi*, basis aturan, dan *defuzzyfikasi*. Proses *defuzzyfikasi* mengubah data input menjadi derajat keanggotaan untuk hasil keluaran *fuzzy* atau *crisp*. Sebagai pengujian, nilai *input* yang digunakan proses *defuzzyfikasi* adalah jarak 0,6 meter, kecepatan 3,7 m/s dan beban 1,88 kg akan diperoleh μ -jarak_dekat untuk jarak sebesar 0,8, μ -kecepatan_sangat_tinggi_sekali untuk kecepatan sebesar 0,6 dan μ -beban_sangat_berat untuk beban sebesar 0,8. *Rule* yang digunakan dalam proses implikasi adalah **IF** (Jarak *is* Dekat) **AND** (Kecepatan *is* Sangat Tinggi Sekali) **AND** (Beban *is* Sangat Berat) **THEN** (Metode_Pengereman *is* Sangat Keras). Implikasi ini dapat dituliskan pada persamaan (7)

$$\alpha\text{-predikat} = \mu\text{-jarak_dekat} \cap \mu\text{-kecepatan_sangat_tinggi} \cap \mu\text{-beban_sangat_berat} \quad (7)$$

hasil yang diperoleh α -predikat = 0,6. Komposisi aturan untuk fungsi keanggotaan diberikan oleh aturan berikut,

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 ; x \leq \text{atau } x \geq 60 \\ \frac{(x-50)}{10} ; 50 \leq x \leq 52,5 \\ 0,6 ; 52,5 \leq x \leq 57,5 \\ \frac{(60-x)}{0} ; 57,5 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (8)$$

Selanjutnya dilakukan *defuzzyfikasi* dengan menggunakan aturan pada persamaan 8 yang diterapkan pada persamaan 4 diperoleh nilai Z^* sebesar 56,48 kg.m/s² yang berarti dapat dikategorikan hasil keluarannya adalah metode pengereman sangat keras.

Pada pengujian yang terakhir. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi *matlab* dan pengujian langsung dengan prototipe. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan hasil yang didapatkan yaitu, 7 kali percobaan dengan hasil yang sesuai dan 3 kali percobaan yang tidak sesuai. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan pengujian dengan simulasi *matlab* dan prototipe, menunjukkan hasil 3 kali perbedaan *output* yang pertama yaitu, saat *input* jarak dekat, kecepatan rendah, dan beban ringan, kedua yaitu, saat *input* jarak jauh, kecepatan tinggi dan beban berat, dan yang ketiga yaitu saat *input* jarak sangat jauh, kecepatan tinggi dan beban sangat berat. Dari hasil 7 kali pengujian lainnya memiliki *output* yang sama, sehingga tingkat akurasi dari percobaan sistem ini adalah 70%.

KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan terhadap sistem kendali jarak pada kendaraan berpenumpang menggunakan sensor ultrasonik dengan menerapkan kendali *fuzzy logic* diperoleh hasil apabila nilai masukan yang ditentukan tercapai, relay akan mengaktifkan *solenoid push* untuk menghentikan laju prototipe. Sistem logika *fuzzy* akan menghasilkan keluaran metode pengereman dengan nilai terkecil sebesar 3,14 kg.m/s² dan nilai terbesar adalah 56,9 kg.m/s². Ketika pengujian dengan *rule base* yang ditentukan pada sistem masukan logika *fuzzy* tercapai diperoleh hasil pengereman sebesar 56,48 kg.m/s². Tingkat akurasi yang diperoleh dalam sistem ini sebesar 70%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aremice, G. A. (2019). Design embedded system for safe car driving based Arduino. Journal Of AL-Turath University College, (27).
- Athallah, M. I., & Pradana, R. (2022). Penerapan Metode Fuzzy Logic Sugeno Pada Prototpe Sistem Kendali Pengereman Dengan Menggunakan Arduino. In *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)* Vol. 1, No. 1, pp. 759-767.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Jumlah kecelakaan, korban mati, luka berat, luka ringan, dan kerugian materi, 2022. *Diakses: Mei, 15*.
- Budiyanto, J. (2013). *Buku Pintar Belajar Fisika*. Penerbit Sagufindo Kinarya, Jakarta, hal 5-6.
- Guo, J., Jian, X., & Lin, G. (2014). Performance evaluation of an anti-lock braking system for electric vehicles with a fuzzy sliding mode controller. *Energies*, 7(10), 6459-6476.
- Irwansyah, E., & Faisal, M. (2015). *Advanced Clustering: Teori dan Aplikasi*. Deepublish, Yogyakarta, hal 31-40.
- Korlantas POLRI. (2023), "POLANTAS DALAM ANGKA 2023", Jakarta
- Munandar, A. (2016). Automatic Braking System Using Fuzzy Logic Based on Microcontroller. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 4(1), 17-17.
- Nissan Motor Indonesia. 2012. *Buku Panduan Training N-Step 1 Tahap 1*. Nissan Training Center, Jakarta.
- Rizianiza, I., & Djafar, A. (2017). Perancangan Sistem Pengereman Mobil Menggunakan Mamdani Fuzzy Logic Control. *SPECTA Journal of Technology*, 1(3), 39-46.