

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA PREDIKSI KECEPATAN DI JALAN TANJAKAN

Sawaludin Alghi^{1*}, Agus Sholeh², Rahmat Hidayat³

^{1,2,3} Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

E-mail : alsawaludin@gmail.com

Abstract: Going through a road with a high slope has a risk of an accident due to a miscalculation by the driver. Therefore detecting the speed limit to pass it is the solution. By using fuzzy logic, of course, you can predict what speed should be used. For tilt detection, a gyroscope is used and speed detection is used using a GPS sensor. The fuzzy inference system itself uses the Takagi Sugeno – Kang method with a linear and constant output. In addition, the calculation of the crisp value is carried out using the manual calculation method and using a simulation application, namely MATLAB. The results of subsequent calculations are compared to calculate the precision value of the system in detecting uphill speed. The calculation uses MAPE. So the results of this study are speed detection systems that must be used on inclines that predict precisely.

Keywords: Fuzzy, High Slopes, Takagi Sugeno, MAPE, MATLAB

Abstrak: Melalui jalan tanjakan dengan kemiringan tinggi memiliki resiko kecelakaan akibat salah perhitungan oleh pengemudi. Maka dari itu mendeteksi batas kecepatan untuk melaluinya adalah solusi. Dengan menggunakan logika *fuzzy*, tentu dapat memprediksi berapa kecepatan yang harus digunakan. Untuk pendeteksi kemiringannya digunakan *gyroscope* dan pendeteksi kecepatan yang sedang digunakan menggunakan sensor GPS. Untuk *fuzzy inference* systemnya sendiri menggunakan metode Takagi Sugeno – Kang dengan keluaran yang linear dan konstan. Selain itu dilakukan perhitungan nilai crisp dengan metode perhitungan manual dan menggunakan aplikasi simulasi yaitu MATLAB. Hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan untuk dilakukan perhitungan nilai kepresisian sistem dalam mendeteksi kecepatan menanjak. Perhitungan tersebut menggunakan MAPE. Sehingga hasil penelitian ini adalah sistem pendeteksi kecepatan yang harus digunakan pada tanjakan yang memprediksi secara presisi.

Kata Kunci: Fuzzy, Tanjakan, Takagi Sugeno, MAPE, MATLAB

Copyright (c) 2024 The Authors. This is an open-access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

PENDAHULUAN

Setiap kegiatan yang dilakukan oleh individu selalu memiliki resiko didepannya. Begitupun dalam kegiatan berkendara. Baik berkendara pribadi maupun bertransportasi umum memiliki resiko yang sama. Indonesia yang merupakan negara yang agraris di masanya menjadikan medan jalan yang dibuat dan digunakan memiliki karakteristik menanjak. Bahkan dibeberapa daerah yang notabenehnya merupakan daerah perbukitan memiliki jalanan yang didominasi oleh tanjakan. Sehingga kegiatan berkendara pun harus ekstra hati – hati agar tidak terjadi kecelakaan yang tidak diinginkan. Salah satunya adalah prediksi melalui tanjakan yang salah.

Berbicara mengenai kecelakaan bukan lah hal aneh khususnya dalam kegiatan berkendara. Pada tahun 2021 lalu kecelakaan lalu lintas yang terjadi di negeri ini mencapai 103.645 kasus yang tercatat (Dihni, 2022). Walaupun negeri ini memiliki medan jalan yang menjadi salah satu faktor kecelakaan lalu lintas, namun tidak menutup kemungkinan bahwa *human error* pun menjadi salah satu faktor yang bersembunyi di balik layar. Beberapa kecelakaan yang melibatkan medan jalan tanjakan yang menyebabkan pengemudi kehilangan keseimbangan untuk mempertahankan kecepatan kendaraanya sering terjadi akhir – akhir ini.

Pada tanggal 18 Maret 2022 terjadi kecelekaan ditanjakan Tutang dari arah Bawen menuju Salatiga. Kecelakaan ini melibatkan sebuah truk dengan bermuatan 19ton kapas tidak kuat menahan yang berakhir terguling menghalangi badan jalan. Berdasarkan kronologi pra-kecelakaan, pengendara sudah mengambil ancang – ancang sebelum melalui tanjakan (Mukti,2022). Dilihat dari kecelakaan ini, penyebab yang paling umum didengar adalah akibat tanjakan. Namun pada faktanya adalah *human error* yang menyebabkan kecelakaan ini terjadi.

Berdasarkan fakta yang terjadi disekitar, masih banyak masyarakat yang menggunakan dan mengendarai transportasi pribadi mengalami kelalaian. Sehingga banyak kecelakaan yang tak terelakan. Salah satunya adalah kegiatan berkendara pada jalan berkemiringan tinggi atau biasa disebut dengan tanjakan. Maka dari itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat memprediksi apakah kecepatan yang digunakan sudah cukup atau belum untuk melalui suatu tanjakan dengan kemiringan sudut tertentu.

Pada tahun 2020, seorang peneliti bernama Bulgakov melakukan pembuatan model matematis gerak lurus pada sebuah kendaraan yang melalui jalan menanjak. Pada penelitian Bulgakov ini didapatkan Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan persamaan untuk menggambarkan proses gerak awal kendaraan lurus selama bergerak menanjak, yang memperhitungkan energi deformasi ban pada roda pengereman kendaraan stasioner (Bulgakov, et al., 2020). Kemudian pada tahun 2018, peneliti bernama Zhongxiang Feng mendapatkan nilai rata – rata kecepatan yang digunakan pengemudi pada jalan berkemiringan yang panjang dengan gradasi kemiringan 2.94% - 3.33% sebesar 46.58Km/h dan 52.56Km/h (Feng, et al., 2018). Sehingga Feng menyimpulkan bahwa kecepatan aman pada jalan berkemiringan panjang adalah 45Km/h – 50Km/h (Feng, et al., 2018). Penelitian yang dilakukan Feng adalah mengetahui efek

fisiologis dari 22 pengemudi dalam melalui jalan turunan terowongan daripada tanjakan (Feng, et al., 2018).

Logika fuzzy sendiri diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lofi Zadeh, (Ahmadi, Gholamzadeh, Shahmoradi, Nilashi, & Rashvand, 2018) berlaku ketika menilai indikator yang tidak ada model konvensional untuk memperkirakan dan mengukur atau jika modelnya terlalu rumit (Gallab, Bouloiz, Alaoui, & Tkiouat, 2019). Berbicara soal implementasi fuzzy, seperti penerapan fuzzy *logic* pada alat pendeteksi jarak kendaraan yang aman pada sepeda motor dengan mengambil variabel dari keluaran sensor – sensor seperti ultrasonik (Ritonga, 2019).

Kemudian Khasif Iqbal dkk. Membangun ITS untuk smart-cities dengan menggunakan IoT serta data processing. Selain itu memanfaatkan GPS untuk melakukan positionig objek. Pada pembangunan sistem ini menggunakan fuzzy metode mamdani yang dikolaborasikan dengan MQTT, ICT TCC (Iqbal, Khan, Abbas, Hasan, & Fatima, 2018).

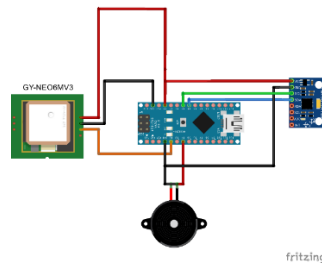
Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian diatas, maka tujuan penulis dalam penelitian yang dilakukan adalah mengimplementasikan logika fuzzy dengan metode Sugeno pada sistem pendeteksi kecepatan yang harus digunakan pada saat menanjak. Selain itu, penelitian ini tidak hanya berfokus pada *ecodriving* dan penghematan energi saja, namun lebih berfokus pada keselamatan pengemudi dalam menggunakan kecepatan kendaraan agar dapat melalui tanjakan dengan aman dan terhindar dari kecelakaan yang diakibatkan kendaraan tidak kuat menanjak. Sehingga, angka kecelakaan di Indonesia dapat ditekan. Lalu sistem yang dibuat dapat digunakan tidak hanya sebatas jalan raya besar saja, namun jalan – jalan kecil didesa yang memiliki tingkat kemiringan dan panjang jalan yang bervariasi. Sehingga keamanan berkendara dapat diterapkan dilalu lintas mana pun.

METODE

Perancangan *Hardware*

Hardware yang dibuat menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroller yang menjalankan sistem dan mengontrol input output. Kemudian untuk sensor terdiri dari 2 buah sensor yang digunakan yaitu sensor GPS dan sensor *Gyroscope*. Dimana fungsi masing – masing sensor adalah sensor GPS sebagai pendeteksi kecepatan, dan *Gyroscope*

sebagai pendeteksi kemiringan jalan yang dilalui. Berikut merupakan rangkaian sistem dari sisi *hardware*:



Gambar 1. Rangkaian Sistem *Hardware*

Pada gambar diatas hubungan pin I/O antar komponen di uraikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Hubungan Input Output antar komponen.

Sensor dan Aktuator	Pin I/O yang digunakan	Pin I/O Arduino Nano yang terhubung
GPS	VCC	5V
	GND	GND
	TX	D2
Gyroscope	VCC	5V
	GND	GND
	SDA	A4
	SCL	A5
Buzzer	VCC	D4
	GND	GND

Perancangan *Software*

Pada perancangan *software* sendiri merupakan rancangan kinerja algoritma yang diterapkan pada sistem pendeteksi kecepatan nanjak itu sendiri. Secara umum, perancangan *software* yang akan digunakan didefinisikan dengan diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram alir sistem

Pada diagram alir diatas, bahwasanya perancangan sistem secara software yang akan dibangun, dimulai dari pembacaan input yang diberikan oleh dua buah sensor yang digunakan, yaitu GPS sensor dan *Gyroscope* sensor. GPS sensor sendiri berfungsi sebagai input yang mendeteksi kecepatan yang digunakan oleh pengendara dengan satuan kilometer per jam. Kemudian untuk sensor *Gyroscope* mendeteksi kemiringan tanjakan yang dilalui oleh pengendara. Lalu input ini dilakukan klasifikasi fungsi keanggotaan fuzzy nya yang kemudian dilakukan proses fuzzifikasi. Lalu hasil dari fuzzifikasi di defuzzifikasi ke bentuk awal dan dijadikan bahan keluaran. Dimana pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan dua input sensor ini apakah pengendara mengemudikan kendaraan pada jalan tanjakan dengan kecepatan yang kurang atau tidak dan berpotensi mundur atau tidak. Jika ya, maka sistem akan memberi peringatan dengan suara *buzzer* alarm sehingga pengendara dapat mengambil keputusan untuk menambah kecepatan atau tidak. Lalu jika hasil sistem adalah tidak, *buzzer* tidak akan menyala dan kembali ke proses pertama.

Pengambilan Data Sistem

Data Kecepatan Rencana Dan Geometri Jalan

Dalam penelitian penulis kali ini, dilakukan studi pustaka terlebih dahulu mengenai kecepatan rencana suatu jalan yang dibangun dan geometri berdasarkan regulasi aturan menurut Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Berdasarkan hal tersebut kecepatan rencana pada suatu jalan yang dibangun dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 2. Tabel Kecepatan Rencana Berdasarkan Fungsi Jalan.

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R), km/jam		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Jaringan Jalan Primer			
Jalan Bebas	80 - 120	70 - 110	60 - 100
Hambatan			
Jalan Raya	60 - 120	50 - 100	40 - 80
Jalan Sedang	60 - 80	50 - 80	30 - 80
Jalan Kecil	30 - 60	25 - 50	20 - 40
Jaringan Jalan Sekunder			
Jalan Bebas	80 - 120		
Hambatan			
Jalan Raya	40 - 100		
Jalan Sedang	40 - 80		
Jalan Kecil	30 - 60		

Berdasarkan data diatas, dimana jalan primer merupakan jalan yang memiliki lebar jalan cukup besar, dimana jika arteri tidak kurang dari 11 meter dan kolektor tidak kurang dari 9 meter (Iskandar). Pada kesempatan ini penulis menggunakan referensi untuk penentuan klasifikasi pada rules fuzzy nantinya. Data yang digunakan berdasarkan data jaringan jalan primer jalan kecil.

Tabel 3. Data Kemiringan Jalan Berdasarkan Regulasi Pemerintah

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

Berikutnya adalah data kemiringan jalan yang menjadi regulasi pemerintah di Indonesia. Perhitungan persentase terhadap sudut kemiringan sebenarnya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Sudut = 90^\circ \times \frac{a}{100} \dots \dots \dots (0)$$

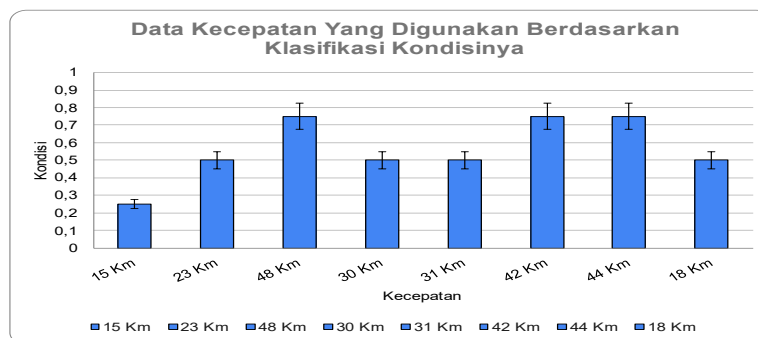
Dimana:

a = nilai persentase.

Dari data ini penulis menjadikan referensi sebagai penentuan batas sudut yang akan dilakukan pada penelitian.

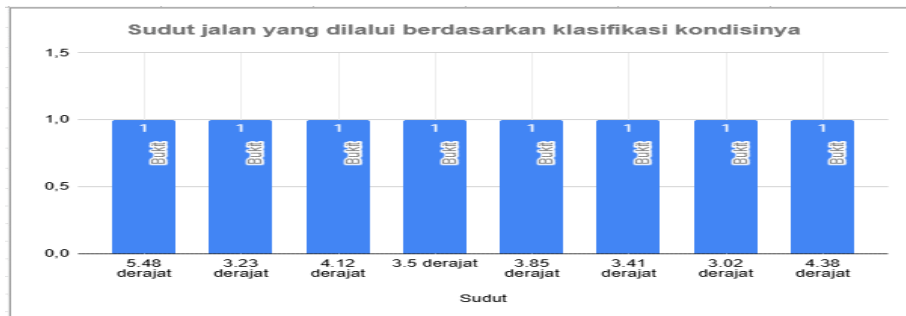
Data Hasil Perhitungan Manual dari Keluaran Alat

Data ini merupakan data keluaran dari sistem yang bekerja pada alat. Dimulai dari data pembacaan tiap sensor serta perhitungan keluarannya. Setiap keluaran sensor sendiri diberi klasifikasi terhadap kondisi – kondisi yang terjadi oleh penulis setiap rentang tertentu. Sehingga pada saat perhitungan yang dilakukan sistem terhadap keputusan keluaran apa yang akan diambil dapat dilakukan lebih mudah.



Gambar 3. Grafik Keluaran Data Kecepatan yang Digunakan Berdasarkan Klasifikasi dan Kondisinya.

Data yang disajikan pada Gambar 3 adalah keluaran data kecepatan yang digunakan pada saat pengujian. Pada gambar Gambar 3 untuk rentang kondisinya disesuaikan dengan angka dengan 0,25 untuk pelan, 0,5 untuk sedang, 0,75 untuk cepat, dan 1 untuk terlalu cepat. Data ini diambil oleh sensor GPS yang membaca kecepatan kendaraan.



Gambar 4. Grafik Keluaran Data Sudut Jalan yang Dilalui Berdasarkan Klasifikasi Kondisinya

Data yang disajikan pada Gambar 4 adalah keluaran data sudut jalan yang dilalui pada saat pengujian. Pada Gambar 4 diatas, untuk rentang kondisinya disesuaikan dengan angka dengan 0,5 untuk kategori jalan bersudut datar, lalu untuk 1 adalah jalan kategori bersudut bukit, dan 1,5 untuk jalan dengan kategori bersudut gunung. Data ini diambil dengan menggunakan sensor gyroscope yang membaca kemiringan kendaraan ketika melewati jalan yang memiliki kemiringan. Kemudian dilakukan penentuan dataset oleh penulis berdasarkan data hasil studi pustaka mengenai kecepatan rencana dan juga geometri jalan yang ada di Indonesia untuk menjadi *rules table* dari metode fuzzy yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Aturan Fuzzy pada Sistem

Nomor aturan	Kecepatan	Sudut	Fungsi Implikasi	Status
R1	Pelan	Datar	Maka	Awas Mundur
R2	Sedang	Datar	Maka	Aman
R3	Cepat	Datar	Maka	Aman
R4	Terlalu Cepat	Datar	Maka	Awas Kendaraan Didepan
R5	Pelan	Bukit	Maka	Awas Mundur
R6	Sedang	Bukit	Maka	Awas Mundur
R7	Cepat	Bukit	Maka	Aman
R8	Terlalu Cepat	Bukit	Maka	Awas Kendaraan Didepan
R9	Pelan	Gunung	Maka	Awas Mundur
R10	Sedang	Gunung	Maka	Awas Mundur

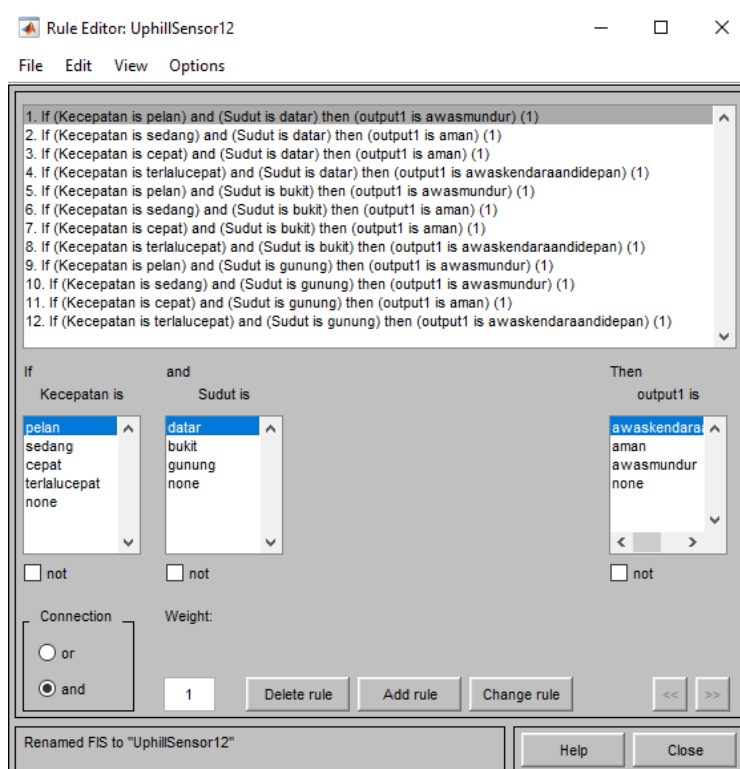
R11	Cepat	Gunung	Maka	Aman
R12	Terlalu Cepat	Gunung	Maka	Awas Kendaraan Didepan

Hasil keluaran dari alat yang digunakan untuk penelitian, akan dilakukan perhitungan nilai crispnya. Nilai crispnya ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai crisp pada hasil perhitungan dari aplikasi simulasi matlab untuk didapatkan nilai MAPE-nya. Perhitungan nilai crisp pada data hasil keluaran alat menggunakan rumus defuzzifikasi sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{\sum_i^N \alpha_i Z_i}{\sum_i^N \alpha_i}$$

Data Hasil Perhitungan Sistem pada Aplikasi MATLAB

Data selanjutnya adalah data hasil simulasi yang diambil dari perhitungan nilai crisp pada aplikasi MATLAB. Data ini dihitung berdasarkan parameter – parameter yang sama dengan data keluaran alat yang menjadi objek penelitian penulis. Selain itu, untuk penetapan dataset input fuzzy dan dataset outputnya disesuaikan dengan dataset input output yang diimplementasi kan pada alat yang menjadi objek penelitian.



Gambar 5. Rules Editor pada Aplikasi MATLAB

Pada Gambar 5 diatas merupakan *Rules* yang digunakan pada aplikasi MATLAB yang disesuaikan dengan *Rules* yang diimplementasikan pada alat yang menjadi objek penelitian. Kemudian nilai crisp dari simulasi yang dilakukan di aplikasi MATLAB akan dibandingkan dengan hasil perhitungan nilai crisp manual dari hasil yang didapatkan oleh alat yang diteliti. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kepresisian fuzzy yang diterapkan dengan mencari nilai MAPE-nya.

Penghitungan Nilai *Mean Absolute Precentage Error*

MAPE atau *Mean Absolute Percentage Error* merupakan sebuah perhitungan untuk mencari nilai akurasi dari suatu sistem (Pratiwi, 2021). Perhitungan nilai MAPE atau *Mean Absolute Percentage Error* dilakukan untuk mendapatkan berapa tingkat error sistem yang telah dibuat. Tingkat akurasi sendiri berdasarkan nilai MAPE yang diperoleh diuraikan sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai MAPE dan Predikat Tingkat Akurasi

Nilai MAPE	Tingkat Akurasi
$MAPE \leq 10\%$	Tinggi
$10\% \leq MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% \leq MAPE \leq 50\%$	Reasonable
$MAPE \geq 50\%$	Rendah

Kemudian untuk perhitungan nilai MAPE sendiri didefinisikan dengan rumus berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_i^n \frac{|Y_t - \check{Y}_t|}{Y_t}}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

Y_t = Nilai Aktual

\check{Y}_t = Nilai Prediksi

n = Jumlah Data pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pengujian alat dan perhitungan nilai crispnya

Berikut merupakan hasil dari pengujian alat yang digunakan untuk penelitian:

Tabel 6. Hasil Pengujian Alat

Kecepatan	Sudut	Status
15 Km	5.48 derajat	Awas Mundur
23 Km	3.23 derajat	Awas Mundur
48 Km	4.12 derajat	Aman
30 Km	3.5 derajat	Awas Mundur
31 Km	3.85 derajat	Awas Mundur

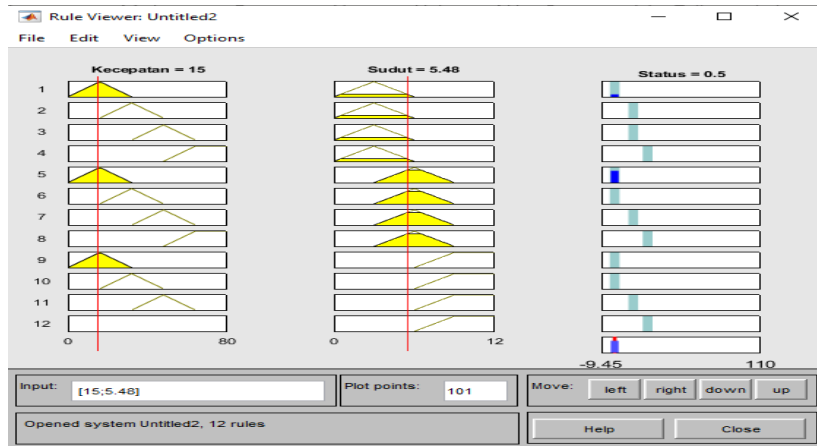
42 Km	3.41 derajat	Aman
44 Km	3.02 derajat	Aman
18 Km	4.38 derajat	Awas Mundur

Pada Tabel 3 diatas dipaparkan hasil pengujian alat yang digunakan penulis di penelitian ini. Didapatkan beberapa variasi kecepatan yang digunakan dan sudut yang dialui oleh penulis pada saat pengujian. Pada kolom status, merupakan hasil dari pengambilan keputusan alat atas pembacaan dua buah sensor yaitu kecepatan dan sudut dengan metode fuzzy. Untuk mendapatkan nilai crisp yang akan dijadikan tolak ukur pembanding dengan hasil nilai crisp dari simulasi, maka perlu dilakukan perhitungan manual pada nilai crisp di hasil pengujian alat ini. Perhitungan nilai crisp nya sendiri melalui tahap – tahap seperti perhitungan pada setiap rules untuk setiap input nya yang kemudian dilakukan pengambilan nilai minimum dari hasil perhitungan setiap rules dan diambil nilai maksimum dari hasil perhitungan seluruh rules dalam satu buah input. Sehingga pada tahap perhitungan nilai crisp fuzzifikasi – defuzzifikasi nya adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan nilai crisp manual dari data hasil pengujian

Kecepatan	Sudut	Status	Nilai Crips	Hasil Perhitungan Manual.
15 Km	5.48 derajat	Awas Mundur	0.5	
23 Km	3.23 derajat	Awas Mundur	0.719	
48 Km	4.12 derajat	Aman	0.813	
30 Km	3.5 derajat	Awas Mundur	0.920	
31 Km	3.85 derajat	Awas Mundur	0.858	
42 Km	3.41 derajat	Aman	0.910	
44 Km	3.02 derajat	Aman	0.996	
18 Km	4.38 derajat	Awas Mundur	0.594	

Pada tabel 6 diatas merupakan hasil perhitungan secara manual dari tiap hasil pengujian yang dilakukan pada alat yang menjadi objek penelitian. Selanjutnya, data hasil perhitungan manual tersebut akan dibandingkan dengan data hasil perhitungan menggunakan aplikasi simulasi MATLAB. Dengan menggunakan nilai input yang sama sesuai dengan hasil pengujian dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut:



Gambar 6. Visualisasi cara perhitungan nilai crisp pada simulasi MATLAB dengan Rules Viewer.

Setelah dilakukan perhitungan dengan *Rules Viewer* di aplikasi MATLAB seperti pada gambar 6 diatas, dimana dari tiap parameter yang disesuaikan dengan hasil pengujian yang dilakukan penulis sebelumnya didapatkan hasil perhitungan menggunakan aplikasi MATLAB tersebut sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil perhitungan nilai crisp pada simulasi MATLAB

Kecepatan	Sudut	Status	Nilai Crisp Hasil Perhitungan Simulasi.
15 Km	5.48 derajat	Awas Mundur	0.5
23 Km	3.23 derajat	Awas Mundur	0.702
48 Km	4.12 derajat	Aman	0.988
30 Km	3.5 derajat	Awas Mundur	0.865
31 Km	3.85 derajat	Awas Mundur	0.836
42 Km	3.41 derajat	Aman	0.974
44 Km	3.02 derajat	Aman	0.999
18 Km	4.38 derajat	Awas Mundur	0.534

Pada tabel 7 diatas merupakan hasil perhitungan nilai crisp pada aplikasi MATLAB. Kedua data nilai crisp tersebut dilakukan perbandingan untuk dilakukan perhitungan nilai MAPE. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kepresisian kinerja sistem yang dibuat dengan fuzzy pada pendeteksi kecepatan yang harus digunakan pada tanjakan. Penentuan variabel dari rumus yang digunakan adalah nilai aktual merupakan nilai hasil perhitungan manual dari data hasil pengujian yang telah dilakukan, sedangkan nilai prediksi merupakan nilai hasil perhitungan secara simulasi dengan aplikasi MATLAB yang

dimana setiap variabel inputnya disesuaikan dengan data hasil pengujian yang telah dilakukan. Setelah dilakukan perhitungan nilai rata – rata dari selisih nilai aktual dan nilai prediksi yang telah ditentukan sebelumnya, didapatkan sebagai berikut:

Tabel 9. Tabel perhitungan rata – rata selisih nilai aktual dan nilai prediksi

Pengujian	Y_t	\check{Y}_t	$Y_t - \check{Y}_t$	$ Y_t - \check{Y}_t $	$\frac{ Y_t - \check{Y}_t }{Y_t}$
1	0.5	0.5	0	0	0
2	0.719	0.702	0.017	0.017	0.023
3	0.813	0.988	- 0.175	0.175	0.215
4	0.920	0.865	0.055	0.055	0.598
5	0.858	0.836	0,022	0.022	0.026
6	0.910	0.974	- 0,064	0.064	0.070
7	0.996	0.999	- 0,003	0.003	0.003
8	0.594	0.534	0,060	0.060	0,101
Jumlah					1,036

Pada tabel 8 didapatkan perhitungan nilai rata – rata dari nilai aktual dan nilai prediksi dari 8 buah pengujian yang dilakukan. Kemudian dilakukan perhitungan persentase nya sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1,036}{8} \times 100\%$$

$$MAPE = 12,95\%$$

Pada perhitungan MAPE didapatkan hasil sebesar 12,95% dengan total data pengujian sebanyak 8 buah data.

Pembahasan

Pada hasil penelitian yang diperoleh dari perhitungan sistem cukup bervariasi. Penulis mencantumkan proses perhitungan salah satu data yang telah didapatkan. Tahap pertama dilakukan pembentukan himpunan fuzzy dari setiap variabel yang di buat. Pembentukan variabel fuzzy ini mengikuti tipe grafik yang digunakan adalah triangular, sehingga terdapat 4 buah kondisi didalamnya. Lalu didapatkan setiap himpunan diataranya untuk kecepatan terdiri dari pelan dengan range 0 – 32 Km, lalu sedang dari 16 -48 Km, lalu cepat dari 32 – 64 Km, dan terlalu cepat dari 48 Km keatas. Lalu untuk sudut terdiri dari datar dengan range 0 – 6 derajat, bukit dari 3 – 9 derajat, dan gunung 6 dari keatas. Hal ini disesuaikan dengan perencanaan kecepatan dan medan jalan yang ditentukan oleh Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Lalu untuk pembentukan aturan sendiri dibuat disesuaikan dengan apa yang akan terjadi di lapangan. Tentunya memiliki landasan teori dimanan menurut Kementrian

Pekerjaan Umum dan Perumahan rakyat bahwasannya setiap medan jalan memiliki kecepatan perencanaan yang dibuat. Kemudian untuk komposisi aturan didapatkan nilai yang cukup variatif. Dan cenderung sesuai dengan rentang nilai yang ditentukan untuk keluaran sistem itu sendiri. Seperti contoh perhitungan yang dilakukan, bahwasannya nilai output keluaran adalah 0.5 dan sesuai dengan pembentukan aturan dasar yang dibuat dimana jika kecepatan pelan dan sudut datar, maka awas mundur. Dan 0.5 merupakan rentang dari keluaran yang dibuat.

Untuk defuzzifikasi sendiri mendapatkan hasil yang memiliki perbedaan cukup variatif dan signifikan. Dimana terkadang didapati nilai crisp dari defuzzifikasi sistem kurang dari nilai crisp dari defuzzifikasi simulasi dari MATLAB, begitu pun sebaliknya. Dari dua hasil nilai crisp yang berbeda, dilakukan perhitungan nilai MAPE pada sistem. Didapati hasil nilai MAPE adalah 12.95% dari sistem yang dibuat. Berdasarkan tingkat akurasi dari nilai MAPE, sistem yang dibuat memiliki tingkat akurasi yang baik, yaitu diantara rentang 10% - 20%.

SIMPULAN

Prediksi kecepatan yang harus digunakan pada jalan menanjak menggunakan logika fuzzy metode sugeno memiliki nilai akurasi yang baik. Error yang didapatkan pada sistem yang dibandingkan dengan simulasi yang dilakukan pada aplikasi MATLAB menunjukkan nilai antara 10 – 20%. Logika fuzzy sendiri merupakan sebuah logika untuk masalah ketidakpastian, sehingga sangat cocok untuk memprediksi apa yang menjadi tujuan sistem ini dibuat, yaitu memprediksi kecepatan yang harus digunakan pada jalan menanjak. Kemudian ditambahkan dengan metode sugeno yang mengusung nilai crisp pada logika fuzzy bernilai linear dan konstan, menjadikan hasil yang diperoleh sesuai dengan harapan dan presisi.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmadi, H., Gholamzadeh, M., Shahmoradi, L., Nilashi, M., & Rashvand, P. (2018). Disease Diagnosis Using Fuzzy Logic Methods: A Systematic and Meta-Analysis Review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 145-172.
- Bulgakov, M., Shuklynov, S., Uzhva, A., Leontiev, D., Verbitskiy, V., Amelin, M., & Volska, O. (2020). Mathematical model of the vehicle initial rectilinear motion during moving uphill. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOPScience.
- Feng, Z., Yang, M., Kumfer, W., Zhang, W., Du, Y., & Bai, H. (2018). Effect of longitudinal slope of urban underpass tunnels on drivers' heart rate and speed: A

study based on a real vehicle experiment. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 525 - 533.

- Gallab, M., Bouloiz, H., Alaoui, Y. L., & Tkiouat, M. (2019). Risk Assessment of Maintenance activities using Fuzzy Logic. *Procedia Computer Science*, 226 - 235.
- Iqbal, K., Khan, M. A., Abbas, S., Hasan, Z., & Fatima, A. (2018). Intelligent Transportation System (ITS) for Smart-Cities using Mamdani Fuzzy Inference System. *International Journal of Advanced Computer Science and Application*, 9, 94 - 105.
- Iskandar, H. (n.d.). *Geometrik Jalan Pada Terowongan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Nasution, M. D., Nasution, E., & Haryati, F. (2017). Pengembangan Bahan Ajar Metode Numerik Dengan Pendekatan Metakognitif Berbantuan MATLAB. *Mosharafa*, 6, 69 - 81.
- Pratiwi, R. W. (2021). Implementasi Logika Fuzzy Sugeno Dalam Menganalisis Ketersediaan Beras Saat Pandemi COVID-19 di Perum Bulog Sumatera Utara. *Skripsi S.Mat Universitas Islam Negeri Sumatera Utara*.
- Ritonga, M. J. (2019). Sistem Peringatan Jarak Aman Sepeda Motor Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler. *Skripsi Sarjana Komputer Universitas Islam Negeri Sumatera Utara*.
- Dihni, V. A. (2022, March 24). *Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Meningkat di 2021, Tertinggi dari Kecelakaan Motor*. Kadata Media Network. Retrieved 2022, from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/03/24/angka-kecelakaan-lalu-lintas-di-indonesia-meningkat-di-2021-tertinggi-dari-kecelakaan-motor>
- Mukti, A. H. (2022, April 1). *Detik-detik Kecelakaan di Tuntang Semarang Libatkan 3 Truk dan 1 Mobil hingga Ringsek Parah*. AyoSemarang.com. Retrieved 2022, from <https://www.ayosemarang.com/semarang-raya/pr-773107314/detik-detik-kecelakaan-di-tuntang-semarang-libatkan-3-truk-dan-1-mobil-hingga-ringsek-parah>