

# Sistem Penghindar Tabrakan Frontal Berbasis Logika *Fuzzy*

Noor Cholis Basjaruddin<sup>1</sup>, Kuspriyanto<sup>2</sup>, Didin Saefudin<sup>3</sup>, Ganda Putra<sup>4</sup>

**Abstract**— About 10% of collisions resulting in death is due to frontal collision. Head-on Collision Avoidance System (HCAS) is a device that can prevent a frontal collision by means of braking or evasive. Two ultrasonic sensors are used to monitor the vehicles in front and to the right. Two distances are observed by sensors, then become input for decision making system based on fuzzy logic. This decision-making system output is the vehicle forward, stop, or evasive movement. Simulation result using a remote control car proves that the decision making system designed with fuzzy logic can work with a success rate of over 90%.

**Intisari**— Sekitar 10% dari tabrakan yang mengakibatkan kematian disebabkan oleh tabrakan frontal. *Head-on Collision Avoidance System* (HCAS) adalah perangkat yang dapat mencegah tabrakan frontal dengan cara mengerem atau menghindari. Dua sensor ultrasonik digunakan untuk memantau kendaraan di depan dan di samping kanan. Kedua jarak yang terpantau sensor menjadi masukan bagi sistem pengambilan keputusan berbasis logika *fuzzy*. Keluaran sistem pengambilan keputusan ini adalah kendaraan maju, berhenti, atau menghindari. Hasil simulasi dengan menggunakan mobil *remote control* membuktikan bahwa sistem pengambil keputusan yang dirancang dengan logika *fuzzy* dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan di atas 90%.

**Kata Kunci**— *head-on collision avoidance system*, tabrakan frontal, logika *fuzzy*.

## I. PENDAHULUAN

*Head-on Collision Avoidance System* (HCAS) adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk membantu pengemudi agar terhindar dari tabrakan frontal. Perangkat ini merupakan subsistem dari *Advanced Driver Assistance Systems* (ADASs).

Cara kerja HCAS secara umum adalah mengambil alih kemudi untuk menghindari tabrakan frontal dengan cara mengerem atau berbelok ke arah yang aman. HCAS akan bekerja secara otomatis ketika situasi mengarah pada terjadinya tabrakan frontal dan pengemudi tidak melakukanantisipasi.

HCAS adalah perangkat wajib yang akan digunakan untuk mewujudkan kendaraan tanpa pengemudi (*driverless car*). Sekitar tahun 2020, kendaraan tanpa pengemudi diperkirakan

<sup>1,3</sup>Dosen, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung, Jl.Gegerkalong Hilir, Ds.Ciwaruga, Bandung 40012(tlp:022-2013789; fax: 022-2013889; e-mail: noorcholis@polban.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung, Jl.Ganesha 10 Bandung

<sup>4</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung, Jl.Gegerkalong Hilir, Ds.Ciwaruga, Bandung 40012(tlp:022-2013789; fax: 022-2013889)

akan mulai dipasarkan oleh pabrikan kendaraan seperti BMW, Nissan, Toyota, Ford, dan Mercedes.

## II. LATAR BELAKANG

Jumlah tabrakan frontal (*head-on collision*) mencapai 2,2% dari seluruh tabrakan yang terjadi. Namun demikian 10% dari tabrakan yang berakibat kematian disebabkan karena tabrakan jenis ini [1].

Sebagian besar kecelakaan lalu lintas disebabkan karena kesalahan pengemudi (*human error*), yaitu sekitar 75% [2]. Kesalahan pengemudi dapat terjadi karena kesalahan pengenalan lingkungan (40,6%), kesalahan pengambilan keputusan (34,1%), kesalahan kinerja (10,3%), kesalahan non kinerja (7,1%), dan kesalahan lain (7,9%) [3]. Beberapa penelitian yang bertujuan untuk mengurangi angka kecelakaan antara lain dilakukan oleh [4] dan [5].

Kesalahan pengemudi dapat dikurangi dengan memasang perangkat yang dapat membantu pengemudi, yang dikenal sebagai *Advanced Driver Assistance Systems* (ADASs). Khusus untuk menghindari tabrakan frontal digunakan HCAS yang merupakan subsistem dari ADASs. Bagian ADASs yang lain antara lain *Adaptive Cruise Control* (ACC) [6] dan *Overtaking Assistant System* (OAS) [7].

HCAS dapat membantu pengemudi terutama untuk mengurangi kesalahan pengenalan lingkungan dan kesalahan pengambilan keputusan dalam hubungannya dengan tabrakan frontal. Kesalahan pengenalan lingkungan antara lain saat pengemudi tidak sadar bahwa pada lajur yang sama terdapat kendaraan yang berjalan menuju kendaraannya. Kesalahan pengambilan keputusan yang menyebabkan tabrakan frontal antara lain adalah ketika pengemudi memutuskan berpindah lajur untuk menghindari tabrakan depan belakang dengan kendaraan di depannya.

Penelitian dalam pengembangan HCAS pada bagian algoritme dilakukan antara lain pada [8] dan [9]. Sedangkan penelitian HCAS pada bagian sensor antara lain telah dilakukan pada [10] dan [11]. Penelitian HCAS juga kerap dilakukan bersamaan dengan penelitian *Rear-end Collision Avoidance System* (RCAS) menjadi satu topik yaitu *Collision Avoidance System* seperti yang telah dilakukan oleh [12] dan [13].

Makalah ini bertujuan untuk mengembangkan algoritme HCAS berbasis logika *fuzzy*. Algoritme yang dikembangkan diuji melalui simulasi perangkat keras menggunakan mobil *remote control*. Hasil penelitian dalam makalah ini mendukung pengembangan perangkat keselamatan yang dapat dipasang pada mobil.

Pembahasan pada makalah ini dimulai dari pendahuluan yang membahas latar belakang, *state of the art*, tujuan, dan kontribusi. Pada bagian metodologi dibahas cara kerja dan

persoalan pada HCAS, diagram blok dan algoritme HCAS berbasis *fuzzy*, serta simulasi perangkat keras yang digunakan untuk menguji algoritme. Data hasil pengujian dianalisis pada bagian hasil dan pembahasan. Makalah ini diakhiri dengan kesimpulan yang merupakan pernyataan atas hasil penelitian yang telah dilakukan.

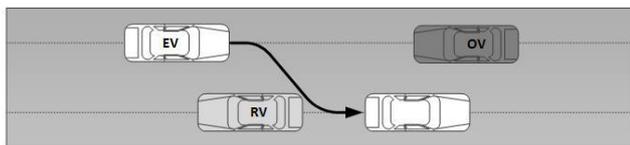
### III. METODOLOGI

Prinsip kerja HCAS adalah memantau jarak kendaraan yang ada di depan dan kendaraan yang ada di sebelah kanan. Ketika jarak dengan kendaraan di depan terlalu dekat dan ada kendaraan di sebelah kanan maka kendaraan akan mengerem. Jika kendaraan di sebelah kanan tidak ada, maka kendaraan akan berbelok untuk menghindari tabrakan frontal dengan kendaraan di depannya.

Pada pembahasan berikut digunakan penamaan kendaraan EV (*ego vehicle*) untuk menamai kendaraan yang dilengkapi HCAS, OV (*oncoming vehicle*) untuk kendaraan yang melaju ke arah EV pada lajur yang sama, dan RV (*right vehicle*) untuk kendaraan di jalur kanan dari EV.

#### A. Cara Kerja dan Persoalan pada HCAS

Situasi yang mengarah pada tabrakan frontal dapat diilustrasikan seperti pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Ilustrasi tabrakan frontal.

Kendaraan EV dan OV berjalan pada lajur yang sama dengan arah yang berlawanan. Kondisi ini dapat terjadi pada jalan dengan dua jalur tanpa pembatas. Jika kendaraan EV tidak menghindari maka akan terjadi tabrakan frontal dengan kendaraan OV. Pada saat kendaraan EV menghindari tabrakan frontal yang kemungkinan dapat menjadi penghalang adalah keberadaan kendaraan RV.

HCAS akan berfungsi menghindarkan kendaraan EV ketika tabrakan frontal dengan kendaraan OV akan terjadi. Beberapa permasalahan dalam perancangan HCAS adalah sebagai berikut:

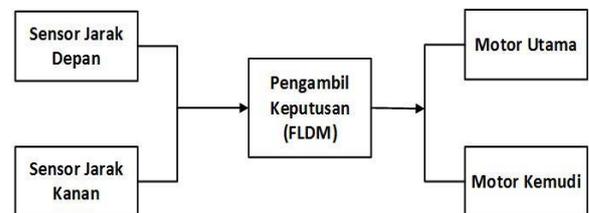
1. Bagaimana mendeteksi datangnya kendaraan OV yang berpotensi menyebabkan tabrakan frontal.
2. Bagaimana cara menghindarkan kendaraan EV sehingga tabrakan frontal bisa dicegah.

Permasalahan pertama diatasi dengan memasang sensor jarak yang dapat memantau keberadaan OV. Sedangkan permasalahan kedua diatasi dengan cara memberi kemampuan pada kendaraan untuk mengerem penuh secara otomatis atau menghindar dengan membelokkan kendaraan EV ke arah kanan. Agar dapat dipastikan bahwa manuver menghindar lebih aman dibandingkan mengerem maka perlu sensor untuk mendeteksi ada tidaknya kendaraan RV.

#### B. Diagram Blok Umum HCAS

Diagram blok umum HCAS dapat dilihat pada Gbr. 2. Sensor yang terpasang pada EV akan memantau objek di

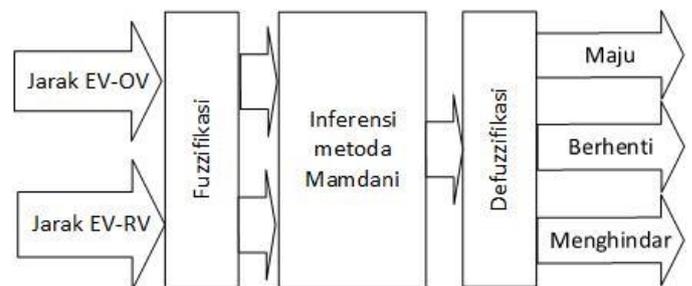
depan dan kanan mobil. Keberadaan objek di sekitar EV akan menjadi bahan bagi Pengambil Keputusan (*Fuzzy Logic Decision Making, FLDM*) untuk mengendalikan EV dengan mengatur motor utama dan motor kemudi. Jika terdapat halangan di kanan, maka EV akan menghindari tabrakan frontal dengan cara mengerem. Jika di sebelah kanan tidak terdapat penghalang, maka EV akan menghindari tabrakan frontal dengan cara membelokkan mobil ke arah kanan. Pada penelitian ini kecepatan kendaraan dianggap tetap karena keterbatasan perangkat pengujian.



Gbr. 2 Diagram blok umum HCAS.

#### C. Algoritme HCAS Berbasis Logika Fuzzy

Diagram blok HCAS yang dikembangkan dalam makalah ini dapat dilihat pada Gbr. 3.



Gbr. 3 Diagram blok HCAS berbasis logika *fuzzy*.

Masukan kendali logika *fuzzy* adalah jarak EV-OV dan jarak antara EV dan RV yang didapat dari sensor. Kedua masukan diinferensi dengan metode Mamdani setelah terlebih dahulu dilakukan fuzzifikasi. Keluaran bagian inferensi adalah nilai yang bersifat *fuzzy*, sehingga perlu dilakukan defuzzifikasi. Nilai keluaran selanjutnya digunakan untuk pengambilan keputusan apakah EV akan maju, berhenti, atau menghindar.

1) *Fungsi keanggotaan masukan*: Fungsi keanggotaan masukan pada HCAS adalah jarak EV-OV (jarak1) dan jarak EV-RV (jarak2) yang dapat dilihat pada Gbr. 4 dan Gbr. 5.

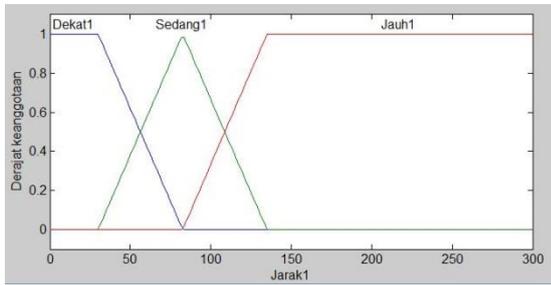
2) *Fungsi keanggotaan keluaran*: Gbr. 6 menunjukkan fungsi keanggotaan keluaran berupa kecepatan lambat, sedang, dan cepat. Sebagai peubah keluaran adalah nilai PWM yang menunjukkan kecepatan yang diinginkan.

3) *Basis aturan*: Basis aturan yang digunakan pada sistem kendali HCAS dapat dilihat pada Tabel I.

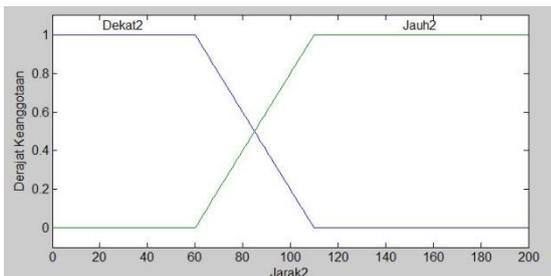
4) *Simulasi*: Hasil perancangan bagian logika *fuzzy* dari HCAS berupa hubungan masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gbr. 7.

Tampilan *rules* dengan keluaran maju, berhenti, dan menghindar dapat dilihat pada Gbr. 8 sampai dengan Gbr. 10.

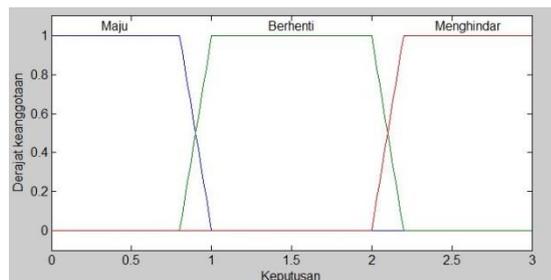
Pada Gbr. 8 dapat dilihat bahwa ketika jarak1 adalah jauh1 dan jarak2 adalah dekat2 maka keluaran adalah maju. Pada kondisi ini EV tidak dalam kondisi yang berpotensi untuk terjadinya tabrakan frontal, oleh karena itu EV dapat berjalan normal yaitu maju.



Gbr. 4 Fungsi keanggotaan jarak EV-OV.



Gbr. 5 Fungsi keanggotaan jarak EV-RV.



Gbr. 6 Fungsi keanggotaan keluaran.

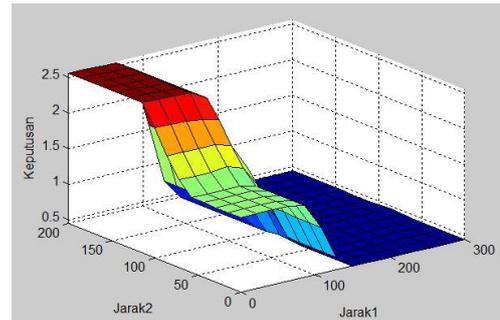
TABEL I  
BASIS ATURAN

		Jarak2	
		Dekat2	Jauh2
Jarak1	Dekat1	Berhenti	Menghindar
	Sedang1	Berhenti	Menghindar
	Jauh1	Maju	Maju

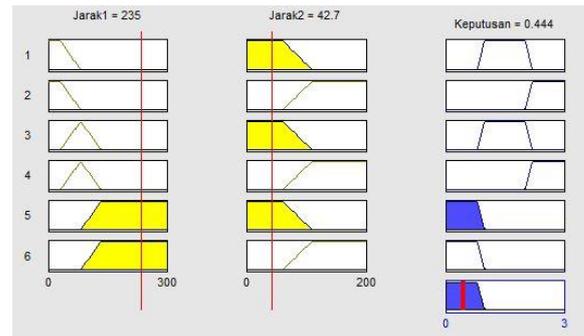
Situasi menghindari tabrakan frontal dengan cara mengerem sampai berhenti (*full brake*) ditunjukkan pada Gbr. 9. Pada kondisi tersebut jarak1 adalah dekat1 dan jarak2 adalah dekat2 artinya EV berpotensi tabrakan dengan OV, namun untuk menghindari tabrakan tersebut tidak dapat dilakukan dengan membelokkan EV ke kanan karena di sebelah kanan EV terdapat RV.

Pada Gbr. 10 ditunjukkan situasi penghindaran tabrakan frontal dengan cara membelokkan EV ke kanan. Situasi ini terjadi jika jarak1 adalah dekat1 dan jarak2 adalah jauh2.

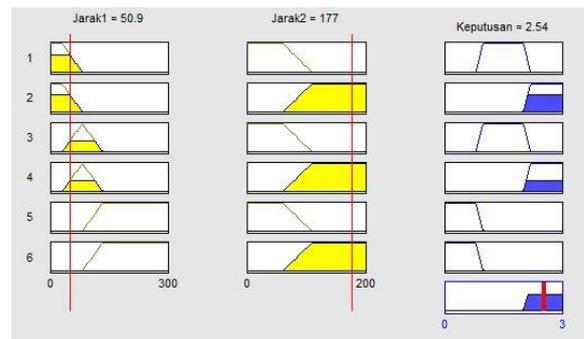
Situasi yang sama juga terjadi jika jarak1 dan jarak2 masing-masing adalah sedang1 dan jauh2.



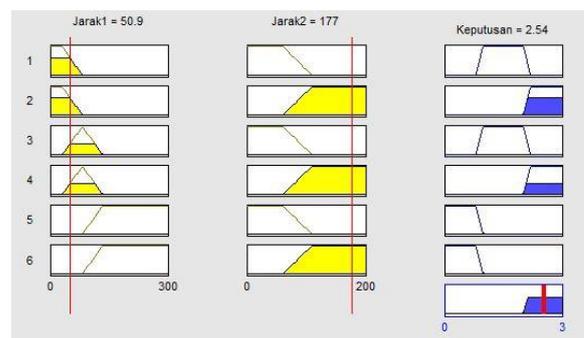
Gbr. 7 Grafik hubungan masukan dan keluaran.



Gbr. 8 Tampilan rules dengan keluaran maju.



Gbr. 9 Tampilan rules dengan keluaran berhenti.

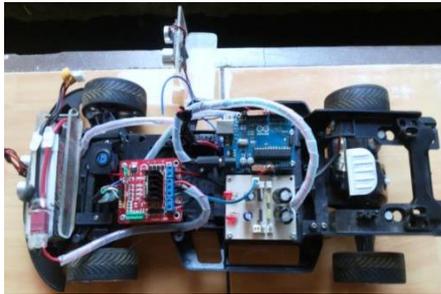


Gbr. 10 Tampilan rules dengan keluaran menghindar.

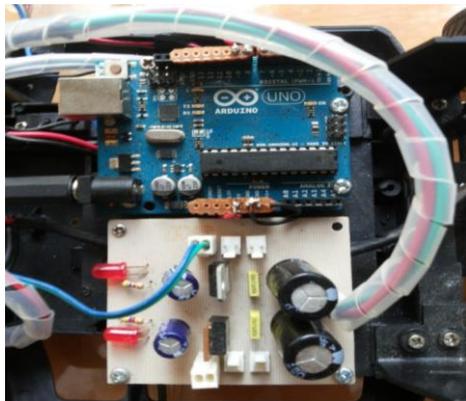
D. Simulasi perangkat keras

Simulasi perangkat keras dilakukan dengan menggunakan mobil *remote control* seperti diperlihatkan pada Gbr. 11 dan

Gbr. 12 [14]. Pada simulasi perangkat keras dalam penelitian ini digunakan dua sensor ultrasonik yang dipasang pada bagian depan dan samping mobil *remote control*. Sensor tersebut digunakan EV untuk mengukur jarak dengan OV dan jarak dengan RV.



Gbr. 11 Mobil *remote control*.



Gbr. 12 Realisasi sistem mikrokontroler.

Mobil EV dikendalikan dengan menggunakan sistem mikrokontroler Arduino Uno R3 berbasis ATmega328. Sistem mikrokontroler ini memungkinkan dilengkapi dengan pustaka fungsi kendali logika *fuzzy* dengan metode inferensi Min-Max Mamdani dan proses defuzzifikasi menggunakan *center of area* [15].

Pengendalian motor utama mobil *remote control* dilakukan dengan menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Dengan PWM, kecepatan mobil EV dapat diatur sesuai keperluan.

Data penting selama proses pengujian disimpan dalam memori *Secure Digital* (SD) *card*. Perangkat tambahan yang digunakan untuk proses penyimpanan adalah *Arduino SD card shield*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian simulasi perangkat keras diawali dengan pengujian sensor yang digunakan. Hasil pengujian sensor depan dapat dilihat pada Tabel II, sedangkan hasil pengujian sensor kanan dapat dilihat pada Tabel III. Hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa sensor jarak dapat bekerja dengan baik dan layak digunakan pada simulasi perangkat keras.

Algoritme HCAS berbasis logika *fuzzy* yang dikembangkan diuji pada enam kemungkinan yang terjadi sesuai kondisi jarak1 dan jarak2. Tiap kondisi diuji sebanyak empat kali dan

hasilnya dapat dilihat pada Tabel IV. Ilustrasi pengujian algoritma HCAS dapat dilihat pada Gbr. 13.

Jika dihitung menggunakan (1) maka persentase keberhasilan algoritme yang dikembangkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Persentase Keberhasilan} &= \frac{\sum \text{rata - rata}}{\sum \text{jumlah Percobaan}} \times 100\% \quad (1) \\ &= 91,7\% \end{aligned}$$

TABEL II  
PENGUJIAN DAN PENGUKURAN SENSOR DEPAN

No.	Jarak (Cm)	Percobaan			Rata rata pembacaan jarak
		1	2	3	
1	20	20	20	20	20
2	40	40	40	40	40
3	60	59	60	60	60
4	80	79	80	80	80
5	100	100	99	100	100
6	120	119	119	200	119,3
7	140	140	140	140	140
8	160	160	160	160	160
9	180	180	180	180	180
10	200	200	200	200	200
Persentase Keberhasilan $= \frac{\sum \text{rata - rata}}{\sum \text{jumlah Percobaan}} \times 100\%$					99,9 %

TABEL III  
PENGUJIAN DAN PENGUKURAN SENSOR KANAN

No.	Jarak (Cm)	Percobaan			Rata rata pembacaan jarak
		1	2	3	
1	20	20	20	20	20
2	40	39	40	40	40
3	60	60	60	60	60
4	80	79	80	79	79,3
5	100	100	100	100	100
6	120	120	120	119	120
7	140	140	140	140	140
8	160	160	160	160	160
9	180	180	180	180	180
10	200	200	200	200	200
Persentase Keberhasilan $= \frac{\sum \text{rata - rata}}{\sum \text{jumlah Percobaan}} \times 100\%$					99,9%

TABEL IV  
HASIL UJI COBA ALGORITME HCAS

No.	Jarak1	Jarak2	Percobaan				Rata - rata
			1	2	3	4	
1	Dekat1	Dekat2	B	B	B	B	1
2	Dekat1	Jauh2	B	G	B	B	0,75
3	Sedang1	Dekat2	B	G	B	B	0,75
4	Sedang1	Jauh2	B	B	B	B	1
5	Jauh1	Dekat2	B	B	B	B	1
6	Jauh1	Jauh2	B	B	B	B	1

Keterangan: B = Berhasil G = Gagal



Gbr. 13 Pengujian algoritme HCAS dengan mobil RC lawan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritme HCAS dapat bekerja dengan baik. Namun algoritme yang dikembangkan belum memenuhi syarat untuk diimplementasikan. Algoritme untuk sistem keselamatan layak diimplementasikan jika tingkat keberhasilannya mencapai 99,99%.

Kegagalan pada salah satu pengujian nomor 2 dan 3 dapat diakibatkan oleh keterlambatan pembacaan sensor atau perancangan bagian logika *fuzzy* yang belum optimal, terutama pada penetapan bagian fungsi keanggotaan dan basis aturan.

#### V. KESIMPULAN

Perancangan algoritme HCAS berbasis logika *fuzzy* dapat diuji coba dengan menggunakan mobil *remote control*. Uji coba dengan perangkat keras dapat menghasilkan data kinerja algoritme yang lebih mendekati kondisi nyata.

Hasil uji coba pada setiap kondisi menunjukkan bahwa algoritme yang dikembangkan menghasilkan tingkat keberhasilan kerja HCAS lebih dari 90%. Algoritme yang dikembangkan perlu disempurnakan agar memenuhi syarat tingkat kesuksesan pada perangkat keselamatan. Selain merancang bagian logika *fuzzy* dengan lebih baik, penyempurnaan juga dapat dilakukan dengan menambah peubah kecepatan dalam proses pengambilan keputusan HCAS.

#### REFERENSI

- [1] NHTSA, "A Compilation of Motor Vehicle CrasTraffic Safety Facts 2012: Data from the Fatality Analysis Reporting System and the General Estimates System," Washington, DC, 2012.
- [2] P. Salmon, M. Regan, dan I. Johnston, "Human Error and Road Transport: Phase Two – A framework for an error tolerant road transport system," Victoria, 2006.
- [3] NHTSA, "National Motor Vehicle Crash Causation Survey," Washington, DC, 2008.
- [4] D. Yulianto dan H. Yuliansyah, "Rancang Bangun Aplikasi Traffic Counter RFID," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 4, nr 1, pp. 32-38, 2015.
- [5] R. Somya dan F. J. Kambey, "Pembuatan Sistem Informasi Transportasi Umum di Kota Surakarta dengan Framework Sencha Touch," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 4, nr 4, 2015.
- [6] N. C. Basjaruddin, Kuspriyanto, D. Saefudin, dan I. K. Nugraha, "Developing Adaptive Cruise Control Based on Fuzzy Logic Using Hardware Simulation," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 2014.
- [7] N. C. Basjaruddin, Kuspriyanto, D. Saefudin, E. Rakhman, dan A. M. Ramadhan, "Overtaking Assistant System Based on Fuzzy Logic," *Telkomnika*, vol. 13, nr 1, March 2015.
- [8] A. Colombo dan D. D. Vecchio, "Efficient algorithms for collision avoidance at intersections," i *Proceedings of the 15th ACM international conference on Hybrid Systems: Computation and Control*, New York, 2012.
- [9] M. Hafner, D. Cunningham, L. Caminiti, dan D. Del Vecchio, "Cooperative Collision Avoidance at Intersections: Algorithms and Experiments," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, nr 3, pp. 1162 - 1175, August 2013.
- [10] S.Ramesh, R. Ranjan, R. Mukherjee, dan S. Chaudhuri, "Vehicle Collision Avoidance System Using Wireless Sensor Networks," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 2, nr 5, November 2012.
- [11] A. Amditis, A. Polychronopoulos, G. K. Ioannis Karaseitanidis, dan E. Bekiaris, "Multiple - Sensor - Collision avoidance system for automotive applications using an IMM approach for obstacle tracking," i *Proceedings of the Fifth International Conference on Information Fusion*, Annapolis, MD, USA, 2002.
- [12] J. Jansson dan F. Gustafsson, "A framework and automotive application of collision avoidance decision making," *Automatica*, vol. 44, p. 2347–2351, 2008.
- [13] M. Valdés-Vela, R.Toledo-Moreo, F.Terroso-Sa´enz, dan M.A.Zamora-Izquierdo, "An application of a fuzzy classifier extracted from data for collision avoidance support in road vehicles," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, nr 1, p. 173–183, January 2013.
- [14] G. Putra, "Hardware Simulation of Head-on Collision Avoidance System based on Fuzzy Logic," Bandung, 2013.
- [15] L. Msc.Marvin dan A. Alves, September 2014. [Online]. Available: <https://github.com/zerokol/eFLL>.