

Simulasi Perangkat Keras Sistem Penghindar Tabrakan Frontal Berbasis Logika Fuzzy

Noor Cholis Basjaruddin, Didin Saefudin, Ganda Putra

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : noorcholis@polban.ac.id

ABSTRAK

Sekitar 10% dari tabrakan yang mengakibatkan kematian disebabkan karena 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 pengambilan keputusan yang dirancang dengan logika fuzzy dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan diatas 90%.

Kata Kunci

sistem pencegah tabrakan frontal, tabrakan frontal, logika fuzzy

1. PENDAHULUAN

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 [[HYPERLINK \l "MVA13" 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%) [[HYPERLINK \l "Nat08" 3](#)], [4].

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).

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.

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 melakukan antisipasi.

Penelitian dalam pengembangan HCAS pada bagian algoritma dilakukan antara lain pada [[HYPERLINK \l "Jon08" 5](#)] dan [6]. Sedangkan penelitian HCAS pada bagian sensor antara lain telah dilakukan pada [[HYPERLINK \l "SRa12" 7](#)] dan [8].

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 [[HYPERLINK \l "Haf13" 6](#)] dan [9].

HCAS adalah perangkat wajib yang akan digunakan untuk mewujudkan kendaraan tanpa pengemudi (*driverless car*). Sekitar tahun 2020, kendaraan tanpa pengemudi diperkirakan akan mulai dipasarkan oleh pabrikan kendaraan seperti BMW, Nissan, Toyota, Ford, dan Mercedes.

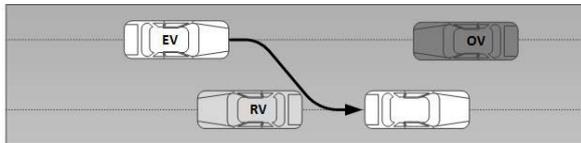
2. METODA PENELITIAN

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.

2.1. Cara kerja dan persoalan pada HCAS

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



Gambar 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 lajur 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.

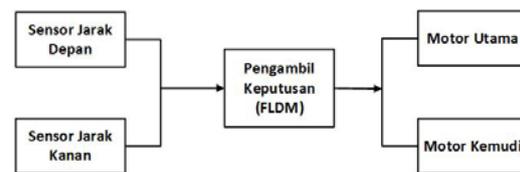
HCAS akan berfungsi menghindarkan kendaraan EV ketika tabrakan frontal dengan kendaraan OV akan terjadi. Beberapa permasalahan dalam perancangan HCAS adalah sebagai berikut:

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

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

2.2. Diagram blok umum HCAS

Diagram blok umum HCAS dapat dilihat pada Gambar 2.



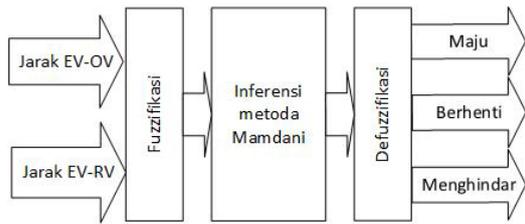
Gambar 2: Diagram blok umum HCAS

Sensor yang terpasang pada EV akan memantau objek di depan dan kanan mobil. Keberadaan objek di sekitar EV akan menjadi bahan bagi Pengambil Keputusan (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.

2.3. Algoritma HCAS berbasis logika fuzzy

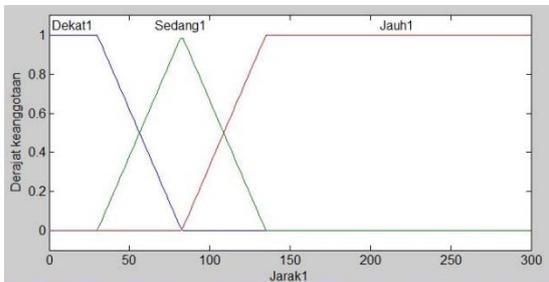
Diagram blok HCAS yang dikembangkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Masukan kendali logika fuzzy adalah jarak EV-OV dan jarak antara EV dan RV yang didapat dari sensor. Kedua masukan diinferensi dengan metoda 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 maju, berhenti, atau menghindari.

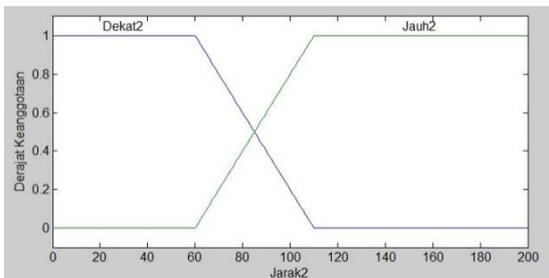


Gambar 3: Diagram blok HCAS berbasis logika fuzzy

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

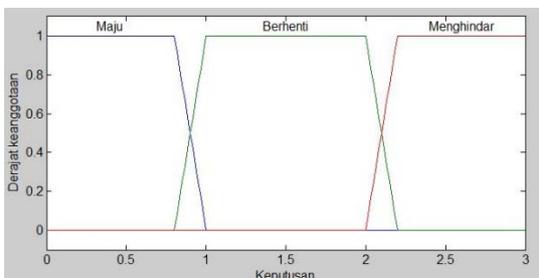


Gambar 4: Fungsi keanggotaan jarak EV-OV



Gambar 5: Fungsi keanggotaan jarak EV-RV

Gambar 6 menunjukkan fungsi keanggotaan keluaran berupa kecepatan lambat, sedang, dan cepat. Sebagai peubah keluaran adalah nilai PWM yang menunjukkan kecepatan yang diinginkan.



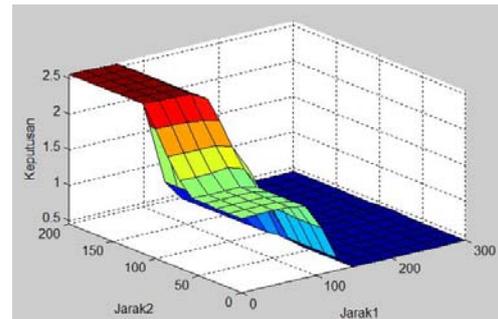
Gambar 6: Fungsi keanggotaan keluaran

Basis aturan yang digunakan pada sistem kendali HCAS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Basis aturan

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

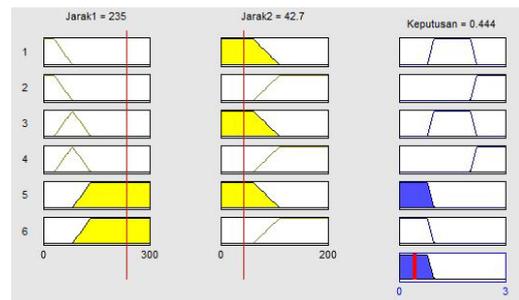
Hasil perancangan bagian logika fuzzy dari HCAS berupa hubungan masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Grafik hubungan masukan dan keluaran

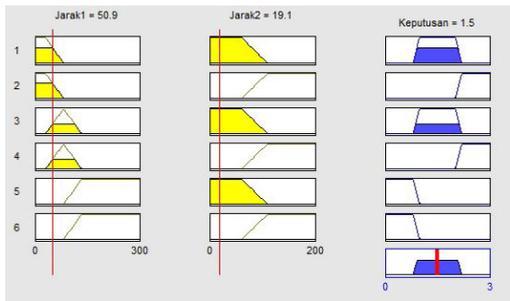
Tampilan rules dengan keluaran maju, berhenti, dan menghindari dapat dilihat pada Gambar 8 - Gambar 10.

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



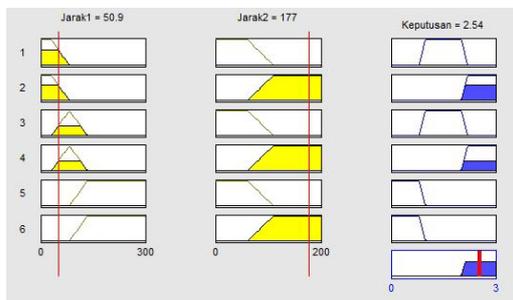
Gambar 8: Tampilan rules dengan keluaran maju

Situasi menghindari tabrakan frontal dengan cara mengerem sampai berhenti (full brake) ditunjukkan pada Gambar 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.



Gambar 9: Tampilan rules dengan keluaran berhenti

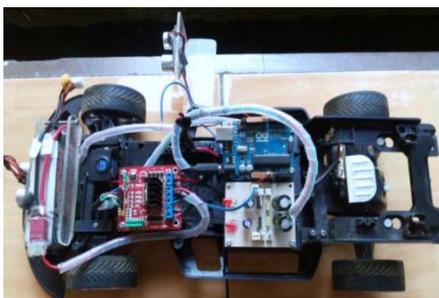
Pada Gambar 10 menunjukkan situasi penghindaran tabrakan frontal dengan cara membelokkan EV ke kanan. Situasi ini terjadi jika jarak1 adalah dekat1 dan jarak2 adalah jauh2. Situasi yang sama juga terjadi jika jarak1 dan jarak2 masing-masing adalah sedang1 dan jauh2.



Gambar 10: Tampilan rules dengan keluaran menghindar

2.4. Simulasi perangkat keras

Simulasi perangkat keras dilakukan dengan menggunakan mobil remote control seperti diperlihatkan pada



Gambar 11: Mobil remote control

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 mobil di depannya (OV) dan jarak mobil di samping kanannya (RV).

Mobil EV dikendalikan dengan menggunakan sistem mikrokontroler Arduino Uno R3 berbasis ATmega328. Sistem mikrokontroler ini memungkinkan dilengkapi dengan pustaka fungsi kendali logika fuzzy dengan metoda inferensi Min-Max Mamdani dan proses defuzzifikasi menggunakan center of area [11].

Pengendalian motor utama mobil remote control dilakukan dengan menggunakan sinyal Pulse Width Modulation (PWM). Melalui 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.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian simulasi perangkat keras diawali dengan pengujian sensor yang digunakan. Hasil pengujian sensor depan dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan hasil pengujian sensor kanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Pengujian dan pengukuran sensor depan

No	Jarak (Cm)	Rata rata pembacaan jarak
1	20	20
2	40	40
3	60	60
4	80	80
5	100	100
6	120	119,3
7	140	140
8	160	160
9	180	180
10	200	200
Persentase ketepatan		99.9%

Tabel 3: Pengujian dan pengukuran sensor kanan

No	Jarak (Cm)	Rata rata pembacaan jarak
1	20	20
2	40	40
3	60	60
4	80	79,3
5	100	100
6	120	120
7	140	140
8	160	160
9	180	180
10	200	200
Persentase ketepatan		99.9%

Hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa sensor jarak dapat bekerja dengan baik dan layak digunakan pada simulasi perangkat keras.

Algoritma HCAS berbasis logika fuzzy yang dikembangkan diuji pada enam kemungkinan yang terjadi sesuai kondisi jarak1 dan jarak2. Tiap kondisi diuji sebanyak 4 kali dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4: Hasil uji coba algoritma HCAS

No	Jarak1	Jarak2	Sukses (%)
1	Dekat1	Dekat2	100
2	Dekat1	Jauh2	75
3	Sedang1	Dekat2	75
4	Sedang1	Jauh2	100
5	Jauh1	Dekat2	100
6	Jauh1	Jauh2	100
			91.7

Keterangan : B = Berhasil G = Gagal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma HCAS dapat bekerja dengan baik. Kegagalan pada salah satu pengujian nomor 2 dan 3 dapat diakibatkan karena keterlambatan pembacaan sensor atau perancangan bagian logika *fuzzy* yang belum optimal terutama pada penetapan bagian fungsi keanggotaan dan basis aturan.

4. DISKUSI

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambah kecepatan mobil sebagai masukan algoritma ACC. Penambahan peubah masukan ini dapat meningkatkan tingkat keselamatan, kenyamanan, dan penghematan bahan bakar. Selain itu penambahan masukan tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan jarak aman yang berubah-ubah sesuai kecepatan. Penelitian ini dapat juga dikembangkan dengan menggunakan sensor dan wahana uji yang lain.

5. KESIMPULAN

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

Hasil uji coba pada setiap kondisi menunjukkan bahwa algoritma yang dikembangkan menghasilkan tingkat keberhasilan kerja HCAS lebih dari 90%.

Algoritma perlu disempurnakan terutama dalam penentuan fungsi keanggotaan dan basis aturan. Selain itu penggunaan sensor yang lebih baik diharapkan dapat meningkatkan tingkat keberhasilan rancangan HCAS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Valdés-Vela, R.Toledo-Moreo, F.Terroso-Sa'enz, and 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, no. 1, p. 173–183, January 2013.
- [2] P.M Salmon, M.A Regan, and I Johnston, "Human Error and Road Transport: Phase Two – A framework for an error tolerant road transport system," Monash University, Victoria, Public 257, 2006.
- [3] _____, "National Motor Vehicle Crash Causation Survey," National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC, Public 2008.
- [4] _____, "A Compilation of Motor Vehicle CrasTraffic Safety Facts 2012: Data from the Fatality Analysis Reporting System and the General Estimates System," National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 2012.
- [5] Jonas Jansson and Fredrik Gustafsson, "A framework and automotive application of collision avoidance decision making," *Automatica*, vol. 44, p. 2347–2351, 2008.
- [6] M.R. Hafner, D. Cunningham, L. Caminiti, and D. Del Vecchio, "Cooperative Collision Avoidance at Intersections: Algorithms and Experiments," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 3, pp. 1162 - 1175, August 2013.
- [7] S.Ramesh, Ravi Ranjan, Ranjeet Mukherjee, and Swarnali Chaudhuri, "Vehicle Collision Avoidance System Using Wireless Sensor Networks," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 2, no. 5, November 2012.
- [8] T. Nishi, N. Yamazaki, S. Koike, T. Kuno, and T. Umezaki, "Collision Avoidance System Using Laser Beams".
- [9] Alessandro Colombo and Domitilla Del Vecchio, "Efficient algorithms for collision avoidance at intersections," in *Proceedings of the 15th ACM international conference on Hybrid Systems: Computation and Control* , New York, 2012, pp. 145-154.
- [10] Ganda Putra, "Hardware Simulation of Head-on Collision Avoidance System based on Fuzzy Logic," Bandung State Polytechnic, Bandung, Final Project 2013.
- [11] Angelos Amditis, Aris Polychronopoulos, George Katsoulis Ioannis Karaseitanidis, and Evangelos Bekiaris, "Multiple - Sensor - Collision avoidance system for automotive applications using an IMM approach for obstacle tracking," in *Proceedings of the Fifth International Conference on Information Fusion*, Annapolis, MD, USA, 2002, pp. 812-817.
- [12] L. Msc.Marvin and AJ Alves. (2014,

September) Github. [Online]. HYPERLINK
"https://github.com/zerokol/eFLL"
<https://github.com/zerokol/eFLL>