

Identifikasi Perilaku Pengemudi Berdasarkan Kontur Jalan dan Pergerakan Kendaraan Berbasis *Fuzzy Mamdani*

Budi Setiadi[#], Tata Supriyadi, Ridwan Solihin, Varian Andika Wijayakusuma,
Fryma Zhafran Raihan, Muhammad Rawdoh

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat 40559, Indonesia

[#]budi.setiadi@polban.ac.id

Abstrak

Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas karena perilaku pengemudi abnormal. Faktor kebiasaan, budaya serta situasi monoton membuat pengemudi mengabaikan gestur standar dalam berkendara kurang mempertimbangkan kondisi kontur jalan dan pergerakan kendaraan. Penelitian ini bertujuan membuat perangkat kontroler yang dapat memberikan peringatan perilaku pengemudi secara otomatis. Identifikasi perilaku pengemudi ditentukan berdasarkan kondisi kontur jalan dan pergerakan kendaraan. Kontur jalan diidentifikasi setiap waktu menggunakan sensor altimeter. Keluaran data sensor altimeter berupa perubahan titik ketinggian disimpan dalam memori sementara pengolah data dan disatukan menjadi pola (tiga titik ketinggian) berdasarkan perubahan waktu. Pola tersebut digunakan untuk identifikasi kondisi jalan datar atau bergelombang. Pergerakan kendaraan diidentifikasi setiap waktu menggunakan sensor *accelerometer*. Metode inferensi *fuzzy Mamdani* memproses seluruh data masukan menjadi pengambilan keputusan dengan keluaran himpunan N (normal), L (lelah), dan G (gegabah). Keluaran himpunan tersebut disalurkan ke perangkat motor DC dan *buzzer* melalui pengolah data sebagai peringatan perilaku berkendara kepada pengemudi. Hasil pengujian dengan berbagai skenario kondisi menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan lebih besar dari 75%.

Kata kunci: perilaku berkendara, altimeter, *accelerometer*, inferensi *fuzzy Mamdani*

Abstract

One of the causes of traffic accidents is abnormal driver behavior. The factors of habit, culture and monotonous situations make drivers ignore standard driving gestures that do not consider road contour conditions and vehicle movements. This research aims to create a controller device that can automatically alert the driver's behavior. Identification of driver behavior is determined based on road contour conditions and vehicle movements. The road contours are identified each time using the altimeter sensor. The altimeter sensor data output in the form of changes in altitude points is stored in memory while processing the data and compiled into a pattern (three altitude points) based on changes in time. This pattern is used to identify flat or bumpy road conditions. Vehicle movement is identified each time using the accelerometer sensor. Mamdani fuzzy inference method processes all input data into decision making with the set output of N (normal), L (tired), and G (reckless). The set output is channeled to the DC motor device and the buzzer through a data processor as a warning to the driver's driving behavior. The test results with various scenario conditions show that the system can work with a success rate greater than 75%.

Keywords: driver behavior, altimeter, *accelerometer*, Mamdani fuzzy inference

I. PENDAHULUAN

Perilaku pengemudi dalam berkendara merupakan salah satu faktor keselamatan berkendara di jalanan selain kondisi lingkungan,

kendaraan itu sendiri, dan kondisi tak terduga. Kecelakaan berkendara dapat diperkecil dengan upaya identifikasi perilaku pengemudi melalui gestur tubuh dan pola pergerakan kendaraan [1]-[12]. Faktor budaya, kebiasaan, dan situasi monoton berdampak pada pengemudi mengabaikan gestur

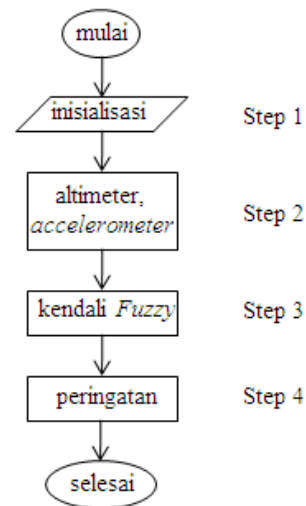
standar dalam berkendara dan tidak mempertimbangkan kontur jalan. Kondisi ini diasumsikan disebut sebagai perilaku pengemudi abnormal.

Pengolahan data identifikasi perilaku pengemudi berdasarkan gestur tubuh dilakukan dengan membandingkan tangkapan pola data dari sensor atau kamera. Sensor elektronik terpasang pada bagian tubuh (kaki, tangan, dan pundak) pengemudi. Kamera terpasang di *dashboard* kendaraan menyoroti pengemudi [1]-[6]. Pengolahan data identifikasi perilaku pengemudi berdasarkan pergerakan kendaraan dilakukan dengan membandingkan tangkapan pola data dari sensor *accelerometer*, GPS (*global position system*), atau ponsel yang terpasang pada kendaraan [7]-[12]. Pola data tangkapan sensor dan kamera diuji terhadap *dataset* perilaku yang diperoleh melalui proses pembelajaran dari perekam data. Metode pengolahan data berbasis *artificial intelligent* ini bertujuan untuk menghasilkan nilai bobot baru dan dilakukan penjumlahan proses aktivasi untuk mendapat nilai kurang dari ambang batas yang telah ditentukan [1], [3]-[13].

Penelitian yang kami laksanakan merupakan penyempurnaan dari identifikasi perilaku pengemudi berdasarkan pergerakan kendaraan yang dikombinasikan dengan identifikasi kondisi kontur jalan. Penelitian kami bertujuan untuk mengembangkan sistem identifikasi perilaku pengemudi berdasarkan pergerakan kendaraan dengan mempertimbangkan kondisi kontur jalan sebelum dilakukan pengambilan keputusan menggunakan inferensi *fuzzy* Mamdani. Algoritma *fuzzy* yang dikembangkan diuji melalui perangkat keras yang terpasang pada kendaraan roda empat. Perangkat keras pengambil keputusan terpasang pada bagian belakang kendaraan dan perangkat keras notifikasi terpasang pada *dashboard* kendaraan. Perangkat notifikasi berupa getaran dan suara 'bip' akan menerima sinyal peringatan dari perangkat pengambilan keputusan apabila terjadi perilaku pengemudi abnormal. Hasil penelitian kami mendukung pengembangan perangkat keselamatan yang dapat diaplikasikan pada kendaraan roda empat secara umum.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan pendeteksian perilaku pengemudi yang kami usulkan seperti ditunjukkan pada diagram alir sistem Gambar 1.

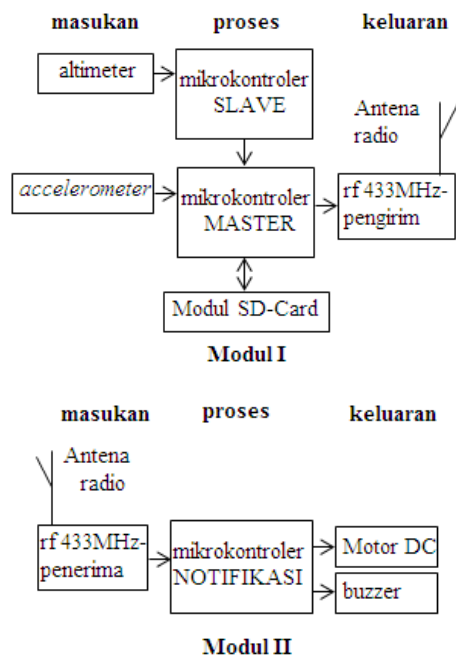


Gambar 1. Diagram alir sistem

Step 1 merupakan tahap inisialisasi. Pada tahap ini dilakukan pengaturan seluruh nilai awal untuk parameter perangkat lunak masukan, pengambilan keputusan inferensi *fuzzy*, dan keluaran. *Step 2* merupakan tahap proses pembacaan kontur jalan dan pergerakan kendaraan. Pola data kondisi kontur jalan datar atau bergelombang diperoleh dari perubahan data ketinggian setiap waktu yang dideteksi sensor altimeter. Pergerakan kendaraan dideteksi sensor *accelerometer* dengan luaran data *yaw*, *pitch*, dan *roll*. *Step 3* merupakan tahap pengambilan keputusan menggunakan mekanisme *if-then*. Hasil kontur jalan datar dan data pergerakan kendaraan menjadi masukan inferensi *fuzzy* Mamdani untuk identifikasi perilaku pengemudi. Keluaran pengambilan keputusan inferensi *fuzzy* Mamdani berupa sinyal dari kategori himpunan Normal (N), Lelah (L), dan Gegabah (G) ditransmisikan ke perangkat notifikasi. *Step 4* merupakan sinyal yang diterima perangkat notifikasi di *dashboard* depan kendaraan berfungsi untuk mengaktifkan peringatan getaran dan suara ke pengemudi.

A. Desain Perangkat Keras Elektronik

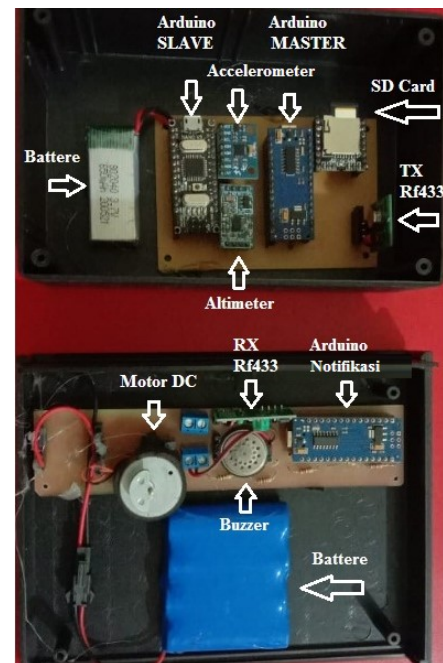
Diagram blok perangkat keras sistem identifikasi perilaku pengemudi seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Perangkat keras terdiri dari modul I pengolah data untuk pengambil keputusan perilaku pengemudi dan modul II notifikasi peringatan ke pengemudi. Kedua modul menggunakan mikrokontroler ATMega328P *platform* Arduino Nano untuk proses pengolahan datanya.



Gambar 2. Diagram blok perangkat keras modul I dan modul II

Modul I terdiri dari mikrokontroler *SLAVE* yang berfungsi sebagai pengolah data masukan dari sensor altimeter. Hasil pengolahan data akan menghasilkan dua keluaran, yaitu kontur jalan datar atau bergelombang. Apabila hasilnya datar maka mikrokontroler *SLAVE* akan mengirimkan sinyal logika 0 ke mikrokontroler *MASTER*, dan sebaliknya. Mikrokontroler *MASTER* akan selalu berada pada kondisi *standby* selama masukan dari mikrokontroler *SLAVE* berlogika 0 dan akan aktif ketika berlogika 1. Pada kondisi aktif mikrokontroler *MASTER* akan berfungsi sebagai pengolah data masukan pergerakan kendaraan dari sensor *accelerometer*. Secara terus menerus, setiap pola data pergerakan kendaraan akan dicatat pada memori *SD-card* dan langsung diolah menggunakan algoritma *fuzzy*. Hasil pengolahan data berupa pengambilan keputusan perilaku pengemudi (N, L, dan G). Melalui modul radio frekuensi 433 MHz, hasil pengambilan keputusan berupa sinyal peringatan akan dikirim ke modul II. Sinyal untuk perilaku normal berupa data karakter '1', lelah berupa data karakter '2', dan gegabah berupa data karakter '3'.

Modul II berisi mikrokontroler NOTIFIKASI yang akan selalu berada pada kondisi aktif. Pada saat radio frekuensi 433 MHz menerima sinyal peringatan, maka akan diterjemahkan oleh sistem ke dalam bentuk getaran motor DC dan suara *buzzer*. Apabila sinyal data karakter '1' maka motor DC dan *buzzer* OFF. Jika sinyal data karakter '2' maka motor DC dan *buzzer* ON dengan tingkat getaran dan kebisingan berupa persentasi PWM



Gambar 3. Realisasi sistem

(pulse width modulation) 50%. Jika sinyal data karakter '3' maka motor DC dan *buzzer* ON dengan tingkat getaran dan kebisingan berupa persentasi PWM 100%.

B. Realisasi Sistem

Gambar 3 menunjukkan realisasi sistem dari perangkat elektronik. Perangkat keras sistem terdiri dari dua bagian modul, yaitu perangkat elektronik pengolah data dan notifikasi. Perangkat pengolah data berfungsi untuk melakukan proses identifikasi kondisi kontur jalan dan perilaku pengemudi. Perangkat notifikasi berfungsi menerima sinyal peringatan dari pengolah data dan menyalurkannya ke motor DC serta *buzzer*.

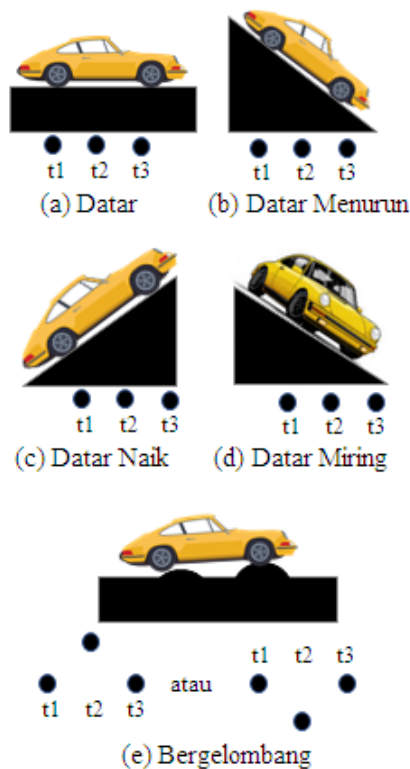
C. Kontur Jalan

Gambar 4 menunjukkan ilustrasi kondisi kontur jalan dan pola data (t_1 , t_2 , dan t_3) untuk pengambilan keputusan. Deteksi kondisi kontur jalan menggunakan sensor altimeter yang terpasang di badan kendaraan. Definisi kontur jalan datar (datar, datar menurun, datar naik, dan datar miring) atau bergelombang didapat dari masukan data sensor altimeter. Setiap waktu (t) secara otomatis sensor akan mengirimkan perubahan Informasi data ketinggian. Setiap data ketinggian yang terbaca sensor disimpan di memori sementara mikrokontroler *SLAVE* seperti ditunjukkan pada Gambar 2 modul I. Tahapan selanjutnya setiap data ketinggian yang disimpan di memori sementara diurutkan berdasarkan perubahan waktu menjadi bentuk pola data tiga titik informasi data (t_1 , t_2 , dan t_3). Pola data berikutnya menghilangkan data t_1

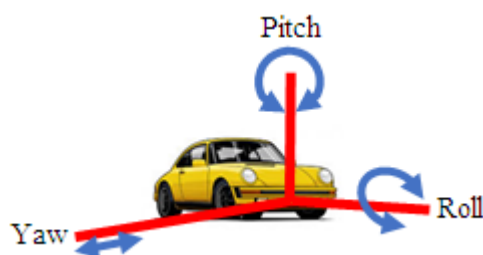
pola sebelumnya dan menambahkan satu titik data baru di akhir. Adapun toleransi *error* antara titik data ketinggian kontur jalan yang ditetapkan adalah 20 cm, sehingga dengan kondisi kontur jalan *paving block* atau kerikil masih teridentifikasi jalan datar.

D. Pola Pergerakan Kendaraan

Data informasi perilaku pengemudi didefinisikan dari pola pergerakan kendaraan hasil pembacaan sensor *accelerometer* yang terpasang di badan kendaraan. Data informasi perilaku pengemudi diterjemahkan dalam pergerakan kendaraan 3-DOF (3-degree of freedom) *yaw*, *pitch*, *roll*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Perubahan data *yaw* dipengaruhi pergerakan stir, *pitch* dipengaruhi pengereman dan gas, serta *roll* dipengaruhi pergeseran kendaraan akibat dari stir. Pola pergerakan kendaraan N, seperti ditunjukkan pada ilustrasi Gambar 6(a) dan abnormal (L, G), seperti ditunjukkan pada ilustrasi Gambar 6(b)-6(h).



Gambar 4. Ilustrasi kondisi kontur jalan dan pola data tiga titik



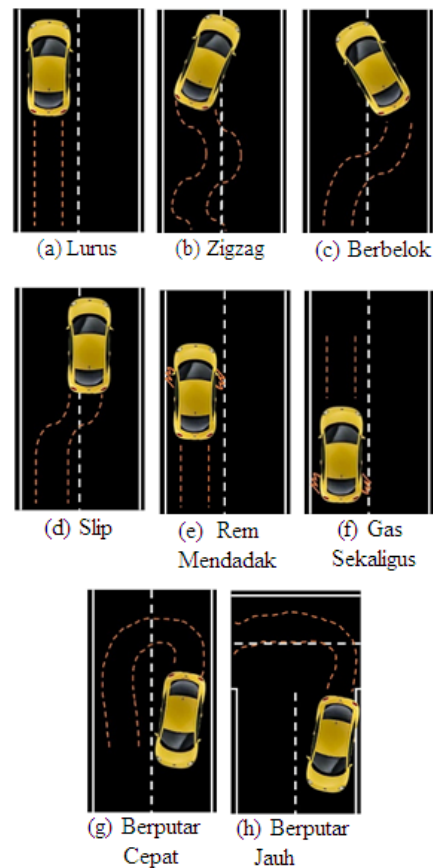
Gambar 5. Arah pergerakan *accelerometer*

E. Algoritma Fuzzy

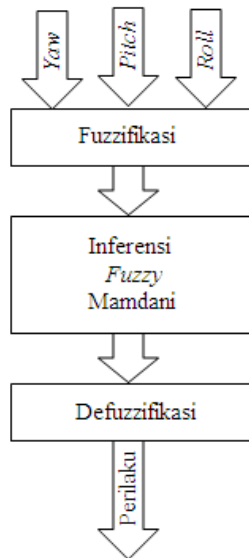
Gambar 7 menunjukkan diagram blok sistem *fuzzy* untuk pengambilan keputusan identifikasi pengemudi berdasarkan pola pergerakan kendaraan. Pada tahap fuzzifikasi terdiri dari 3 variabel masukan, yaitu *yaw*, *pitch*, dan *roll*. Inferensi *fuzzy* untuk pengolah data menggunakan tipe Mamdani didefinisikan dengan 27 aturan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Proses defuzzifikasi untuk mencari keluaran perilaku pengemudi menggunakan perhitungan COA (*center of area*).

Adapun definisi perilaku pengemudi berdasarkan literatur sebagai berikut [2], [14]-[22]:

- 1) Perilaku pengemudi normal: pengemudi berkonsentrasi pada saat berkendara ditandai dengan mengontrol kecepatan kendaraan, menghindari akselerasi mendadak, mengemudi tanpa obat-obatan dan alkohol, mempertahankan posisi kendaraan lurus dengan kemiringan stabil, dan dalam keadaan mata terbuka.
- 2) Perilaku pengemudi lelah: hilangnya efektivitas mengemudi dikarenakan sudah berkendara terus menerus 24 jam ditandai dengan akselerasi menurun perlahan, posisi kendaraan berbelok, mengemudi seperti terpengaruh 0,05% kandungan alkohol dalam darah.



Gambar 6. Ilustrasi pola pergerakan kendaraan berdasar kebiasaan pengemudi



Gambar 7. Diagram blok sistem fuzzy

Tabel 1. Basis aturan yaw = MN

Pitch/Roll	MN	ST	MK
MN	G	G	G
ST	N	N	L
MK	G	G	G

Tabel 2. Basis aturan yaw = ST

Pitch/Roll	MN	ST	MK
MN	G	G	G
ST	L	N	L
MK	G	G	G

Tabel 3. Basis aturan yaw = MK

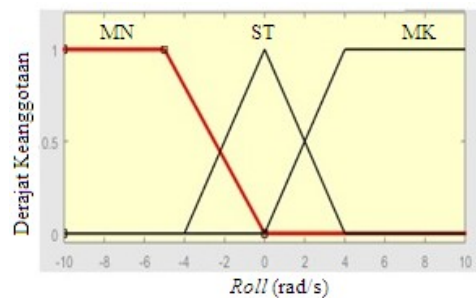
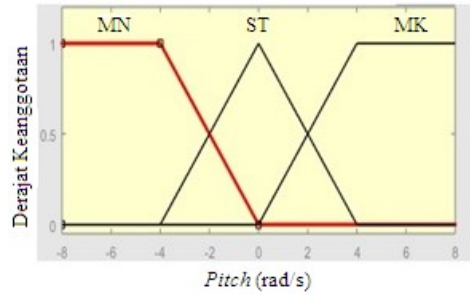
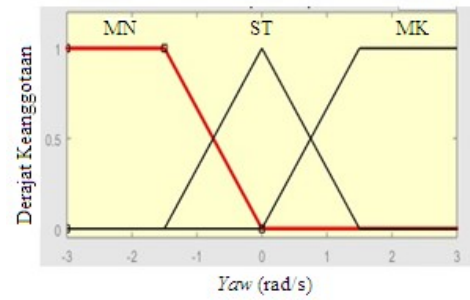
Pitch/Roll	MN	ST	MK
MN	G	G	G
ST	L	N	L
MK	G	G	G

Keterangan:

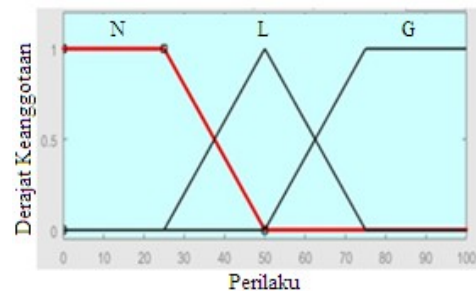
MN : minimum
 ST : stabil
 MK : maksimum
 N : normal
 L : lelah
 G : gegabah

3) Perilaku pengemudi gegabah: pengemudi tidak dapat mengontrol kecepatan kendaraan, menjalankan kendaraan dengan akselerasi mendadak, kecepatan tinggi, zigzag, dan posisi kemiringan kendaraan selalu berubah-ubah dengan cepat.

Merujuk definisi tersebut maka satuan perilaku pengemudi dibuat dalam bentuk rentang nilai 0 sampai 100. Nilai tersebut difungsikan sebagai nilai ambang pengambilan keputusan fuzzy. Kategori (0



Gambar 8. Fungsi keanggotaan masukan fuzzy (yaw, pitch, roll)



Gambar 9. Fungsi keanggotaan keluaran fuzzy

$\leq N < 35$), $(35 \leq L < 50)$, dan $(50 \leq G \leq 100)$. Nilai batas ambang dikirimkan ke perangkat NOTIFIKASI berupa data karakter.

Fungsi keanggotaan masukan seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Setiap fungsi keanggotaan yaw, pitch, roll merupakan nilai perpindahan posisi angular terhadap rad/s. Nilai posisi angular diterjemahkan menjadi kategori himpunan MN, ST, dan MK. Fungsi keanggotaan keluaran seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Nilai keluaran pengambilan keputusan diterjemahkan menjadi kategori himpunan N, L, dan G.

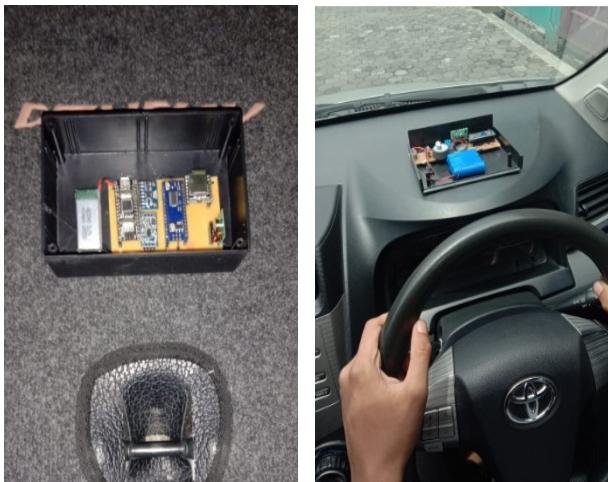
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian kami dilakukan menjadi dua tahap, yaitu eksperimen dan simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB.

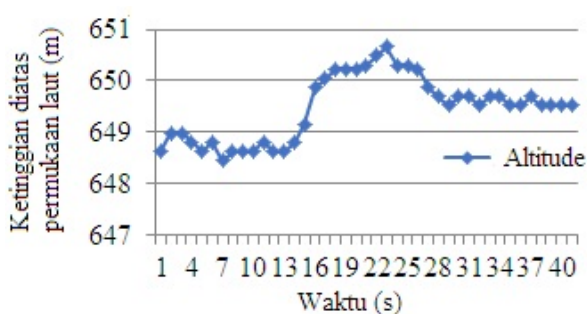
A. Pengujian Eksperimen

Pengujian eksperimen dilakukan dengan memasang purwarupa sistem di kendaraan sebenarnya pada kendaraan roda empat jenis *multi-purpose vehicle*. Modul I (pengolah data pengambil keputusan) dipasang pada bagian bagasi belakang kendaraan dan modul II (notifikasi) dipasang pada bagian *dashboard* depan pengemudi kendaraan, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

Pengujian dilakukan pada jalan *paving block* dengan kemiringan kurang dari 9° (kategori kontur jalan datar). Tahapan pengujian terdiri dari dua, yaitu kontur jalan dan identifikasi perilaku pengemudi. Tahapan pengujian kontur jalan dengan rintangan polisi tidur dengan ketinggian ± 30 cm (datar, datar menurun, datar naik, datar miring, dan bergelombang), seperti ditunjukkan pada grafik Gambar 11. Pada sampel data waktu ke-31 sampai ke-37 menunjukkan jalan bergelombang akibat dari rintangan polisi tidur.

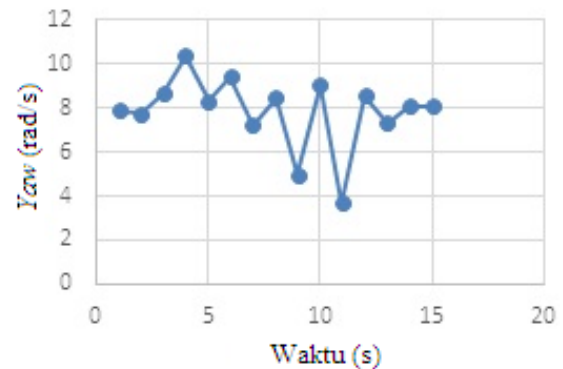


Gambar 10. Peletakan posisi perangkat keras modul I (kiri) dan modul II (kanan)

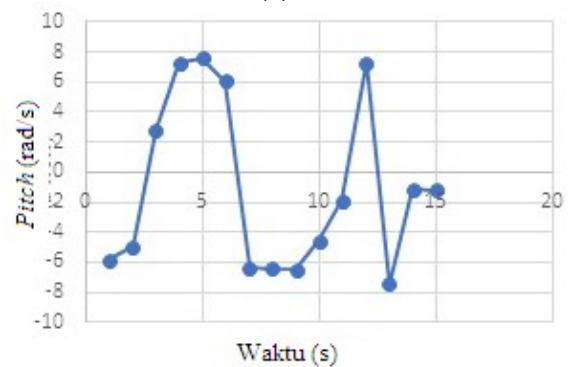


Gambar 11. Pengujian kontur jalan

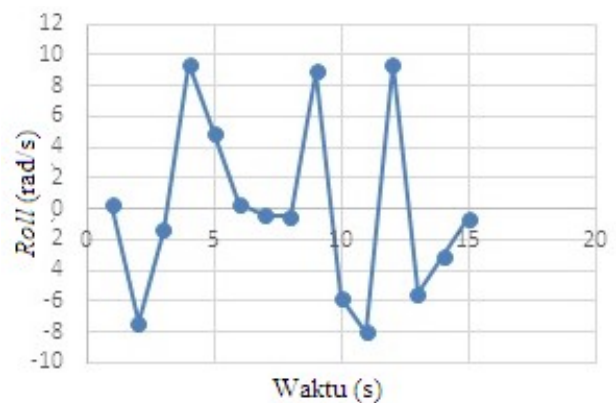
Tahapan pengujian identifikasi perilaku pengemudi dilihat dari pola pergerakan kendaraan. Gambar 12 menunjukkan grafik sampel pada salah satu uji parameter berbelok dan berbarengan diikuti pengereman. Grafik *yaw* memperlihatkan pergerakan belok banyak, grafik *pitch* memperlihatkan terjadinya pengereman yang cukup dalam, dan grafik *roll* memperlihatkan slip roda bodi belakang kendaraan. Apabila dilihat dalam basis aturan *fuzzy*, kondisi seperti ini termasuk kategori perilaku G.



(a) Yaw



(b) Pitch



(c) Roll

Gambar 12. Sampel pengujian pergerakan kendaraan pada saat berbelok dibarengi pengereman dalam

Tabel 4. Rasio deteksi perilaku pengemudi

Pergerakan Pengemudi	Gagal / Berhasil	Rasio Deteksi Perilaku (%)
Lurus	0 / 5	100
Zigzag	2 / 3	60
Berbelok	2 / 3	60
Slip	3 / 2	40
Rem mendadak	0 / 5	100
Gas sekaligus	0 / 5	100
Berputar cepat	1 / 4	80
Berputar jauh	1 / 4	80

Tabel 5. Hasil pengujian simulasi MATLAB

Masukan			Keluaran
<i>Yaw</i>	<i>Pitch</i>	<i>Roll</i>	
0,3	-0,8	1	34,1 (N)
0,3	0,8	2,5	44,5 (L)
1,5	3	3,2	63,5 (G)

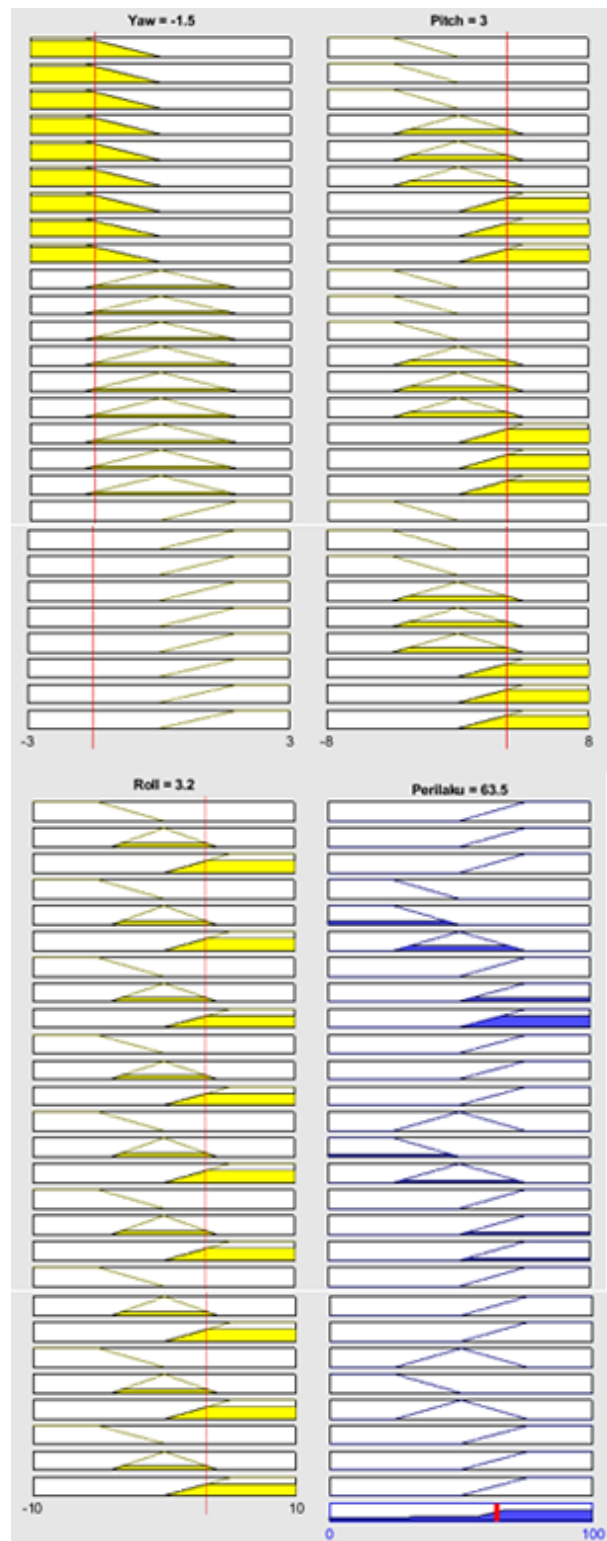
Skenario pengujian perilaku pengemudi diuji berdasarkan 8 parameter (lurus, zigzag, berbelok, slip, rem mendadak, gas sekaligus, berputar cepat, berputar jauh). Setiap parameter dilakukan pengujian sebanyak 5 kali. Pengujian dilakukan langsung oleh peneliti dengan mengikuti pola kebiasaan pengemudi seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian berupa rasio deteksi perilaku pengemudi.

Rasio deteksi perilaku pengemudi didefinisikan dalam dua hasil, yaitu gagal dan berhasil. Berdasarkan data rasio deteksi perilaku berhasil didapatkan rata-rata akurasi sebesar 77,5%.

B. Pengujian Simulasi MATLAB

Pengujian simulasi dengan *toolbox* MATLAB bertujuan untuk memastikan rancangan basis aturan *fuzzy* sesuai dengan yang diharapkan. Adapun hasil pengujian untuk masing-masing nilai keluaran dapat dilihat pada Tabel 5. Contoh dari simulasi untuk kondisi keluaran G dapat dilihat pada Gambar 13.

Berdasarkan hasil pengujian secara simulasi diperoleh bahwa inferensi *fuzzy* Mamdani yang dirancang mampu menghasilkan keluaran yang sesuai. Semakin kecil nilai *yaw*, *pitch*, dan *roll* akan menghasilkan notifikasi N artinya perilaku pengemudi normal. Sebaliknya, semakin besar nilai *yaw*, *pitch*, dan *roll* akan menghasilkan keluaran yang lebih besar pula atau G. Artinya saat kondisi ini terjadi maka perilaku pengemudi dianggap abnormal dan sistem akan memberikan peringatan.

Gambar 13. Tampilan aturan *fuzzy* dengan keluaran G

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, identifikasi perilaku pengemudi dengan kombinasi kondisi kontur jalan dan pergerakan kendaraan menghasilkan akurasi keberhasilan sebesar 77,5%. Inferensi *fuzzy* Mamdani yang dirancang juga

mampu menghasilkan nilai keluaran yang sesuai. Perbaikan fungsi keanggotaan masukan atau keluaran perlu dilakukan agar kinerja sistem lebih optimal. Selain itu penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pengembangan metode *fuzzy* Sugeno, ANFIS (*adaptive neuro fuzzy inference system*), *fuzzy* tipe 2, dan dikombinasikan dengan identifikasi perilaku berdasar gestur tubuh untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bandung atas pendanaan penelitian melalui skema Penelitian Pemula dengan kontrak Nomor B/186.15/PL1.R7/PG.00.03/2020.

REFERENSI

- [1] B. Shi, L. Xu, J. Hu, Y. Tang, H. Jiang, W. Meng, and H. Liu, "Evaluating Driving Styles by Normalizing Driving Behavior Based on Personalized Driver Modeling," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 45, no. 12, pp. 1502-1508, 2015.
- [2] B. Wu, Y. Chen, and C. Yeh, "Driving behaviour-based event data recorder," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 8, no. 4, pp. 361-367, 2014.
- [3] C. Liu, R. Fujishiro, L. Christopher, and J. Zheng, "Vehicle-Bicyclist Dynamic Position Extracted From Naturalistic Driving Videos," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 4, pp. 734-742, 2017.
- [4] M. Jeong, B. C. Ko, S. Kwak, and J. Nam, "Driver Facial Landmark Detection in Real Driving Situations," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 28, no. 10, pp. 2753-2767, 2018.
- [5] S. Al-Sultan, "Context-aware Driver Behavior Detection System in Intelligent Transportation Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 62, no. 9, pp. 4264-4275, 2013.
- [6] W. Huang, X. Liu, M. Luo, P. Zhang, W. Wang, and J. Wang, "Video-Based Abnormal Driving Behavior Detection via Deep Learning Fusions," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 64571-64582, 2019.
- [7] X. Li, M. Yu, W. Li, C. Ma, R. Gravina, and G. Fortino, "Driving Operation Recognition using Smart Cushion Based on Deep Neural Network," *EAI International Conference on Body Area Networks*, Springer, pp. 325-338, 2018.
- [8] J. Hu, L. Xu, V. He, and W. Meng, "Abnormal Driving Detection Based on Normalized Driving Behavior," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, no. 8, pp. 6645-6652, 2017.
- [9] J. Yu, Z. Chen, Y. Zhu, Y. Chen, Kong., and M. Li, "Fine-Grained Abnormal Driving Behaviors Detection and Identification with Smartphones," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 16, no. 8, pp. 2198-2212, 2017.
- [10] L. Xu, J. Hu, H. Jiang, and W. Meng, "Establishing style-oriented driver models by imitating human driving behaviors," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 5, pp. 2522-2530, 2015.
- [11] M. Saifuzzaman and M. Haque, "Impact Of Mobile Phone Use On Car-Following Behavior Of Young Drivers," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 82, pp. 10-19, 2015.
- [12] N. Li, T. Misu, and F. Tao, "Understand Driver Awareness Through Brake Behavior Analysis: Reactive Versus Intended Hard Brake," *Proc. IEEE Intell Vehicles Sym*, vol. 4, pp. 1523-1528, 2017.
- [13] B. Setiadi, T. Supriyadi, H. Nugroho, and R. Solihin, "Navigation and Object Detection for Blind Persons Based on Neural Network," *International Journal of Applied Technology Research (IJATR)*, vol. 1, no. 1, pp. 56-65, 2020.
- [14] N. H. T. S. Administration. (2012) Define Aggressive Driving. [Online]. Available: http://www.nhtsa.gov/people/injury/enforce/aggressive_drivers/aggenforce/define.html
- [15] X. Lin, K. Zhang, W. Cao, and L. Zhang, "Driver Evaluation and Identification Based on Driving Behavior Data," *5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)*, pp. 718-722, 2018.
- [16] S. Kaplan, M. A. Guvensan, A. G. Yavuz, and Y. Karalurt, "Driver Behavior Analysis for Safe Driving: A Survey," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 6, pp. 3017-3032, 2015.
- [17] Z. Wang, "Driver Behavior Modeling Using Game Engine and Real Vehicle: A Learning-Based Approach," in *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol. 5, no. 4, pp. 738-749, 2020.
- [18] B. Higgs and M. Abbas, "Segmentation and Clustering of Car-Following Behavior: Recognition of Driving Patterns," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 1, pp. 81-90, 2015.
- [19] T. Hirayama, K. Mase, C. Miyajima, and K. Takeda, "Classification of Driver's Neutral and Cognitive Distraction States Based on Peripheral Vehicle Behavior in Driver's Gaze Transition," in *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol. 1, no. 2, pp. 148-157, 2016.
- [20] M. H. Alkinani, W. Z. Khan, and Q. Arshad, "Detecting Human Driver Inattentive and Aggressive Driving Behavior Using Deep Learning: Recent Advances, Requirements and Open Challenges," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 105008-105030, 2020.
- [21] B. Zhu, Z. Liu, J. Zhao, Y. Chen, and W. Deng, "Driver Behavior Characteristics Identification Strategies Based on Bionic Intelligent Algorithms," in *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 48, no. 6, pp. 572-581, 2018.

- [22] C. P. Rommerskirchen, M. Helmbrecht and K. J. Bengler, "The Impact of an Anticipatory Eco-Driver Assistant System in Different Complex Driving Situations on the Driver Behavior," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 6, no. 2, pp. 45-56, 2014.

