

Simulasi Sistem Pembantu Penyalipan Berbasis Logika Fuzzy

Noor Cholis Basjaruddin^{a,b}, Kuspriyanto^b, Didin Saefudin^a,
Edi Rakhman^a, Adin Mochammad Ramadlan^a

^aJurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : noorcholis@polban.ac.id

^bSekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung 40132
E-mail : noorcholis@students.itb.ac.id

ABSTRAK

Dua hal pokok yang harus dicapai pada saat berkendara adalah keselamatan dan kenyamanan. Tingkat keselamatan dalam berkendara dapat diperbaiki dengan mengurangi tingkat kesalahan pengemudi. Sebuah perangkat pembantu dibutuhkan bagi pengemudi agar terhindar dari kecelakaan. Advanced Driver Assistance Systems (ADASs) adalah kumpulan perangkat elektronik yang dipasang di kendaraan dengan tujuan membantu pengemudi agar selamat selama berkendara tanpa mengabaikan aspek kenyamanan. Sistem pembantu penyalipan (*Overtaking Assistant System, OAS*) adalah bagian ADAS yang berfungsi membantu pengemudi pada manuver penyalipan. Paper ini membahas pengembangan OAS menggunakan sistem pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy. Sebagai masukan sistem pengambilan keputusan adalah jarak kendaraan dengan kendaraan yang akan disalip serta jarak kendaraan dengan kendaraan yang ada di lajur lain. Keputusan yang menjadi keluaran dari sistem pengambilan keputusan adalah kendaraan melakukan penghampiran, penguntitan, dan penyalipan. Uji coba yang dilakukan dengan menggunakan *mobile remote control* menunjukkan bahwa algoritma pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy dapat bekerja sesuai rancangan.

Kata Kunci : *Advanced Driver Assistance System, Overtaking Assistant System, fuzzy logic, overtaking decision makin.*

PENDAHULUAN

Berbagai upaya untuk mengurangi angka kecelakaan terus dilakukan dengan memperbaiki dari sisi teknologi kendaraan dan infrastruktur, serta meningkatkan kesadaran dan keahlian pengemudi.

Advanced Driver Assistance System (ADAS) atau Intelligent Driver Assistance System (IDAS) adalah sistem yang ada dalam kendaraan yang memungkinkan pengemudi mencapai tujuannya dengan sedikit *stress*, lebih aman, lebih nyaman, dan efisien dalam jalur 4].

ADAS dapat dikelompokkan berdasarkan tiga tahapan berkendara yaitu: [[HYPERLINK \l "Des10" 5](#)].

- a. Pengenalan lingkungan (*recognition*);
- b. Pengambilan keputusan (*judgment*);
- c. Pelaksanaan tindakan (*operation*).

Contoh ADAS yang membantu dalam proses pengenalan lingkungan adalah *Lane Departure Warning (LDP)*. Sedangkan contoh pada tahap pengambilan keputusan misalkan *Overtaking Assistance System (OAS)* dan pada tahap tindakan misalkan *Adaptive Cruise Control (ACC)*.

Penelitian untuk mengembangkan *Overtaking Assistance System (OAS)* antara lain dilakukan oleh Continental Corporation bekerjasama dengan Darmstadt Technical University (TU Darmstadt), *Research on Overtaking and Advanced Driver Assistance Systems*

(ROADAS) oleh TU Delft, dan University of Porto in Portugal.

Secara umum penelitian dalam pengembangan OAS meliputi pengembangan pada bagian pengambilan keputusan seperti dilakukan pada 6] dan [["Sae09" 7](#)] serta pengembangan OAS untuk penyalipan secara otomatis seperti pada 8] dan [["Vic12" 9](#)].

Pengembangan OAS akan menjadi dasar pengembangan kendaraan tanpa pengemudi (*driverless car*) seperti Google Car. Diperkirakan sekitar tahun 2020 akan dipasarkan kendaraan tanpa pengemudi dari pabrikan mobil seperti BMW, Nissan, Toyota, Ford, dan Mercedes.

Berbagai upaya untuk mengurangi angka kecelakaan terus dilakukan dengan memperbaiki dari sisi teknologi kendaraan dan infrastruktur, serta meningkatkan kesadaran dan keahlian pengemudi.

Advanced Driver Assistance System (ADAS) atau Intelligent Driver Assistance System (IDAS) adalah sistem yang ada dalam kendaraan yang memungkinkan pengemudi mencapai tujuannya dengan sedikit *stress*, lebih aman, lebih nyaman, dan efisien dalam jalur 4].

ADAS dapat dikelompokkan berdasarkan tiga tahapan berkendara yaitu: [["Des10" 5](#)].

- a. Pengenalan lingkungan (*recognition*);
- b. Pengambilan keputusan (*judgment*);
- c. Pelaksanaan tindakan (*operation*).

Contoh ADAS yang membantu dalam proses pengenalan lingkungan adalah *Lane Departure Warning (LDP)*. Sedangkan contoh pada tahap pengambilan keputusan misalkan *Overtaking Assistance System (OAS)* dan pada tahap tindakan misalkan *Adaptive Cruise Control (ACC)*.

Penelitian untuk mengembangkan *Overtaking Assistance System (OAS)* antara lain dilakukan oleh Continental Corporation bekerjasama dengan Darmstadt Technical University (TU Darmstadt), Research on Overtaking and Advanced Driver Assistance Systems (ROADAS) oleh TU Delft, dan University of Porto in Portugal.

Secara umum penelitian dalam pengembangan OAS meliputi pengembangan pada bagian pengambilan keputusan seperti dilakukan pada 6] dan [["Sae09" 7](#)] serta

pengembangan OAS untuk penyalipan secara otomatis seperti pada 8] dan [["Vic12" 9](#)].

Pengembangan OAS akan menjadi dasar pengembangan kendaraan tanpa pengemudi (*driverless car*) seperti Google Car. Diperkirakan sekitar tahun 2020 akan dipasarkan kendaraan tanpa pengemudi dari pabrikan mobil seperti BMW, Nissan, Toyota, Ford, dan Mercedes.

METODA PENELITIAN

Pengembangan OAS berbasis kendali fuzzy dilaksanakan dengan memperhatikan penyalipan pada jalan dengan dua lajur dan jalan dengan dua jalur.

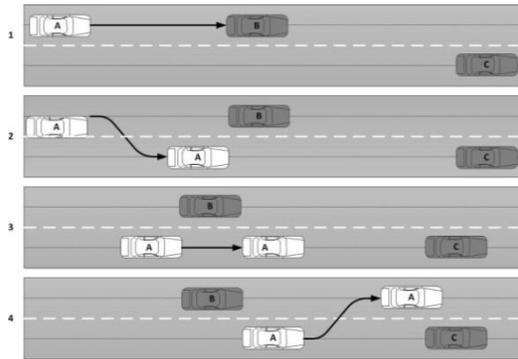
Persoalan penyalipan

Strategi penyalipan yang dijadikan dasar dalam pengembangan OAS pada penelitian ini adalah *normal/accelerative*, yaitu strategi penyalipan yang paling banyak digunakan oleh para pengemudi 10] dan [["Gee" 11](#)]. Strategi penyalipan ini dapat dibagi atas beberapa tahap yaitu:

1. Penghampiran (*approach*)
2. Penguntitan (*tailgating*);
3. Pengubahan lajur (*lane changing*);
4. Pelewatan (*passing*);
5. Kembali ke lajur semula (*returning*).

Penyalipan pada dua lajur

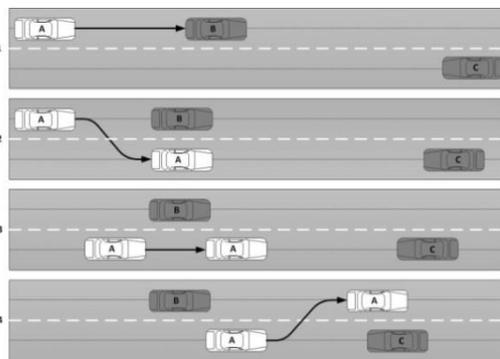
Penyalipan pada jalan dua lajur (*unidirectional road*) dapat diilustrasikan pada Gambar 1. Mobil A akan menyalip mobil B pada lajur kiri, sedangkan mobil C pada lajur kanan. Proses penyalipan akan diawali dengan penghampiran, yaitu mobil A mendekati mobil B. Jika perubahan lajur belum dimungkinkan maka mobil A akan menguntit mobil B. Perubahan lajur akan dilakukan jika situasi memungkinkan yaitu jarak mobil A dengan mobil B dan C cukup, serta kecepatan mobil B masih dalam jangkauan untuk disalip. Tahap pelewatan akan dilakukan dengan cara A menambah kecepatan sehingga kecepatan A lebih tinggi dari kecepatan mobil B. Tahap akhir dari penyalipan oleh mobil A adalah kembali ke lajur semula.



Gambar 1: Penyalipan pada jalan dua lajur

Penyalipan pada dua jalur

Gambar 2 menunjukkan proses penyalipan pada jalan dua jalur (*bidirectional road*).



Gambar 2: Penyalipan pada jalan dua jalur

Pada jalan dua jalur, mobil C berjalan pada arah berlawanan dengan mobil A dan B. Proses penyalipan pada jalan dua jalur lebih berbahaya dibanding penyalipan pada jalan dua lajur karena keterlambatan proses pelewatan akan mengakibatkan tabrakan dengan mobil C.

Pengambilan keputusan penyalipan

Pengambilan keputusan dalam proses penyalipan dilakukan saat tahap penghampiran atau selama tahap penguntitan. Pengambilan keputusan yang tidak tepat akan mengakibatkan kemungkinan tabrakan yaitu saat:

1. Berpindah lajur
2. Pelewatan
3. Kembali ke lajur semula

Tabrakan saat berpindah lajur disebabkan karena keputusan menyalip yang kurang memperhatikan kecepatan dan jarak mobil dibandingkan mobil yang akan disalip (mobil B). Tabrakan saat tahap pelewatan dan saat kembali ke lajur semula disebabkan karena kurang memperhatikan jarak dan kecepatan mobil B dan C.

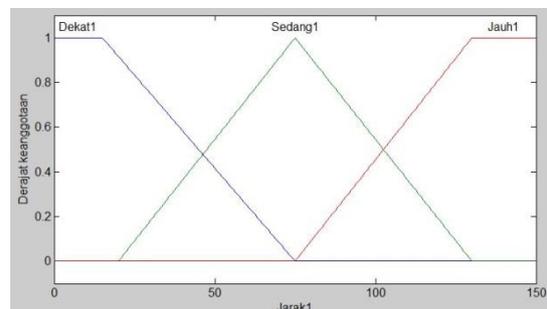
Dua peubah yang harus diperhatikan dalam pengembangan sistem pengambilan keputusan OAS adalah kecepatan dan jarak. Pada penelitian ini, kecepatan mobil B dan C dianggap tetap sehingga yang diperhatikan hanya jarak. Pembatasan masalah ini disebabkan karena keterbatasan sensor yang dipakai dalam simulasi.

Pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy

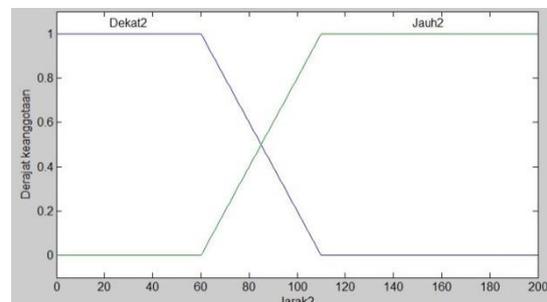
Sistem pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy yang dirancang pada penelitian ini menggunakan metoda Mamdani. Metoda ini dipilih karena menghasilkan keputusan yang lebih teliti dan pada implementasinya dalam sistem mikroprosesor Arduino Uno telah didukung oleh pustaka fungsi.

Fungsi keanggotaan masukan

Fungsi keanggotaan masukan pada OAS adalah jarak mobil A dan mobil B (jarak1) serta jarak mobil A dan mobil C (jarak2). Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan fungsi keanggotaan jarak1 dan jarak2.



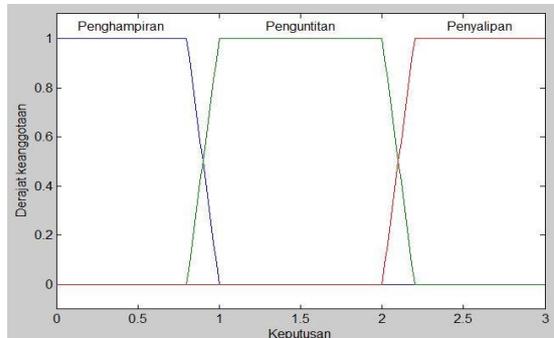
Gambar 3: Fungsi keanggotaan jarak1



Gambar 4: Fungsi keanggotaan jarak2

Fungsi keanggotaan keluaran

Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan keluaran yang nilainya dari 0 sampai 3 dan terbagi menjadi tiga jenis keputusan yaitu penghampiran (*approaching*), penguntitan (*tailgating*), dan penyalipan (*overtaking*).



Gambar 5: Fungsi keanggotaan

keluaran
Basis aturan

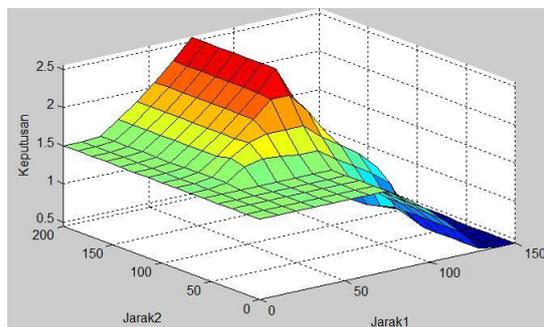
Basis aturan yang digunakan pada sistem pengambilan keputusan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Basis aturan

		Jarak2	
		Dekat2	Jauh2
Jarak1	Dekat1	Penguntitan	Penguntitan
	Sedang1	Penguntitan	Penyalipan
	Jauh1	Penghampiran	Penghampiran

Simulasi

Hasil perancangan sistem pengambil keputusan berbasis logika fuzzy dengan menggunakan program Matlab dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Grafik hubungan masukan dan keluaran

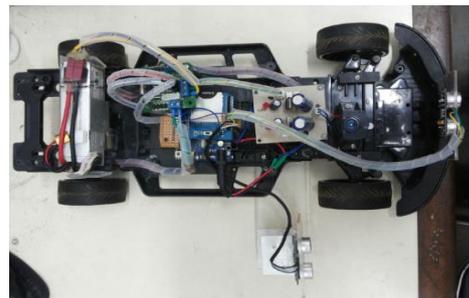
Simulasi perangkat keras

Simulasi perangkat keras dilakukan dengan menggunakan mobil *remote control* seperti

diperlihatkan pada Gambar 7 [[HYPERLINK \l "Adi14" 12](#)].

Sensor

Pada simulasi perangkat keras dalam penelitian ini digunakan dua sensor ultrasonik yang dipasang pada bagian depan dan samping mobil. Sensor pada bagian depan digunakan untuk mengukur jarak mobil dengan mobil di depannya, sedangkan sensor pada bagian samping digunakan untuk mengukur jarak mobil dengan mobil pada lajur lain.



Gambar 7 Mobil *remote control*

Sistem mikrokontroler

Sistem mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan mobil *remote control* adalah Arduino Uno R3. Sistem mikrokontroler ini berbasis ATmega328 dan dapat ditambahkan pustaka fungsi untuk pengendalian berbasis logika fuzzy. Metoda inferensi yang digunakan pada pustaka fungsi tersebut adalah metoda Min-Max Mamdani dengan proses defuzzifikasi menggunakan *center of area*.

Kendali motor

Motor yang digunakan pada simulasi ini ada dua yaitu motor utama yang dapat diatur kecepatannya dan motor kemudi yang dapat diatur sudut putarnya. Kedua motor tersebut dikendalikan dengan menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM).

Penyimpanan data percobaan

Selama simulasi data penting akan disimpan dalam memori *Secure Digital* (SD) card. Perangkat yang digunakan untuk proses penyimpanan adalah *Arduino SD card shield*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario yang digunakan pada proses pengujian algoritma OAS yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Penyalipan pada jalan dua lajur
2. Penyalipan pada jalan dua jalur
3. Penyalipan tertunda

Pada pengujian digunakan dua mobil *remote control* lain yang kecepatannya bisa diatur sesuai keperluan. Mobil A adalah mobil yang dilengkapi OAS, mobil B adalah mobil yang akan disalip, dan mobil C adalah mobil pada lajur lain.

Penyalipan pada jalan dua lajur

Pada pengujian ini mobil A, B, dan C berjalan pada arah yang sama. Mobil A berada di belakang mobil B sedangkan mobil C berjalan pada lajur lain. Diharapkan pada situasi yang memungkinkan mobil A akan menyalip mobil B dengan memperhatikan mobil C.

Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan (indeks keselamatan/*safety index*) sebesar 90%. Data jarak1, jarak2, keluaran fuzzy, dan kecepatan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Data percobaan pada jalan dua lajur

Pada awal percobaan mobil A terus mendekati mobil B dan C. Sebelum detik ke 160 ms keluaran sistem pengambil keputusan bernilai kurang dari 1 artinya mobil A melakukan penghampiran. Saat detik ke 160 ms, jarak1 dan jarak2 memungkinkan proses penyalipan. Pada saat itu keluaran sistem pengambil keputusan OAS bernilai lebih dari 2. Setelah penyalipan sensor 1 tidak lagi mendeteksi mobil B melainkan mobil C. Sensor 2 mendeteksi objek selain mobil.

Penyalipan pada jalan dua jalur

Pada pengujian ini mobil A dan B berjalan pada arah yang sama, sedangkan mobil C melaju pada arah berlawanan di jalur kanan. Diharapkan pada situasi yang memungkinkan mobil A akan menyalip mobil B dengan memperhatikan mobil C.

Hasil pengujian menunjukkan indeks keselamatan penyalipan sebesar 80%. Data jarak1, jarak2, keluaran fuzzy, dan kecepatan dapat dilihat pada Gambar 9.

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa saat detik ke 80 ms posisi mobil A, B, dan C memungkinkan penyalipan. Keluaran sistem pengambilan keputusan pada detik 80 ms adalah lebih dari 2 artinya mobil A melakukan penyalipan. Sesaat sebelum penyalipan dilakukan jarak1 dan jarak2 adalah terkecil. Setelah penyalipan jarak1 dan jarak2 langsung membesar karena sensor 1 mendeteksi mobil C dan sensor 2 mendeteksi objek bukan mobil.



Gambar 9: Data percobaan pada jalan dua lajur

Penyalipan tertunda

Pada pengujian ini mobil A dan B berjalan pada arah yang sama, sedangkan mobil C melaju pada arah berlawanan di jalur kanan. Diharapkan pada situasi yang tidak memungkinkan penyalipan mobil A akan menunda penyalipan dengan cara mengubah kecepatan dan menguntit mobil B. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.

Pada awal percobaan, mobil B dan C berada pada jarak tertentu dari mobil A. Saat itu keluaran sistem pengambil keputusan bernilai lebih kecil dari 1 artinya mobil A melakukan proses penghampiran. Ketika mobil A sudah

dekat dengan mobil B, penyalipan tetap tidak bisa dilaksanakan karena mobil C terlalu dekat jaraknya. Pada saat itu keluaran sistem pengambil keputusan bernilai antara 1 dan 2 yang artinya sistem melakukan penguntitan atau penundaan untuk penyalipan. Penundaan penyalipan dilakukan oleh mobil A dengan cara menurunkan kecepatan sehingga tidak menabrak mobil B.



Gambar 10: Data percobaan penyalipan tertunda

DISKUSI

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memperhatikan kecepatan mobil dalam proses pengambilan keputusan. Algoritma yang digunakan juga dapat dikembangkan dengan memasukkan perhitungan waktu yang digunakan dalam proses penyalipan seperti yang diberikan pada [6].

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengambil keputusan berbasis logika fuzzy dapat diterapkan pada overtaking assistant system. Berdasarkan pengujian algoritma yang dikembangkan dapat memberikan indeks keselamatan sebesar 90% untuk penyalipan pada jalan dua lajur dan 80% untuk penyalipan pada jalan dua jalur. Algoritma yang dikembangkan juga memungkinkan proses penundaan penyalipan jika situasi tidak memungkinkan dilakukan penyalipan. Algoritma yang dikembangkan masih perlu disempurnakan antara lain dengan menambah peubah masukan berupa kecepatan mobil. Agar lebih mendekati kenyataan pada simulasi ini

dapat digunakan sensor radar, lidar, atau kamera.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Politeknik Negeri Bandung dan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang membiayai penelitian ini dalam skema Penelitian Hibah Bersaing (PHB) Tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Peden, *World report on road traffic injury prevention: summary.*: World Health Organization (WHO), 2004.
- [2] S.E. Lee, E.C.B. Olsen, and W.W. Wierwille, "A Comprehensive Examination of Naturalistic Lane-Changes," National Highway Transportation Safety Administration, Washington D.C., Final Report DOT HS 809 702, 2004.
- [3] D.C David, J.W. Patrick, and J. Jean, "Overtaking road-accidents: differences in manoeuvre as a function of driver age," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 30, no. 4, p. 455–467, July 1998.
- [4] M. Masikos, F. Cappadona, K. Demestichas, E. Adamopoulou, and S. Dreher, "Cooperative Advanced Driver Assistance System for Green Cars," *EcoGem Consortium*, 2013.
- [5] Kaneo Hiramatsu, "Design Principles for Advanced Driver Assistance System: Keeping Drivers In-the-Loop," *International Harmonized Research Activities (IHRA)*, 2010.
- [6] S., Rass, S., and Kyamakya, K. Fuchs, "A Constraint-Based and Context-aware Overtaking Assistance System with fuzzy-probabilistik risk classification," in *IADIS International Conference Wireless Applications and Computing 2008* ,

- Amsterdam, Netherlands, 2008.
- [7] P. Saengpredeekorn and J. Srinonchat, "A New Technique to Define the Overtake Distance Using Image Processing," in *6th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Pattaya, Chonburi, 2009, pp. 1142-1145.
- [8] Chiang H., Chen Y., Wu B., and Lee T., "Embedded Driver-Assistance System Using Multiple Sensors for Safe Overtaking Maneuver," *IEEE Systems Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 681 - 698, 2014.
- [9] M. Vicente et al., "Intelligent Automatic Overtaking System using Vision for Vehicle Detection," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 3, p. 3362–3373, February 2012.
- [10] Tay Wilson and W. Besta, "Driving strategies in overtaking," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 14, no. 3, p. 179–185, June 1982.
- [11] Geertje Hegeman, Serge Hoogendoorn, and Karel Brookhuis, "Observations Overtaking Manoeuvres on Bidirectional Roads," *Advanced OR and AI Methods in Transportation*.
- [12] Adin Mochammad Ramadlan, "Overtaking Assistance System Menggunakan Kemampuan Penundaan Berbasis Logika Fuzzy," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Tugas Akhir 2014.
- [13] L. Msc.Marvin and AJ Alves. (2014, September) Github. [Online]. <https://github.com/zerokol/eFLL>
- [14] Dicky Muhammad Akbar, "Overtaking Assistance System pada Jalan Dua Lajur Berbasis Fuzzy Logic," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Tugas Akhir 2013.
- [15] Ivan Ardiyan, "Overtaking Assistance System pada Jalan Dua Jalur Berbasis Fuzzy Logic," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Tugas Akhir 2013.
- [16] Noor Cholis Basjaruddin, Kuspriyanto, and Yoga Priyana, "Arsitektur Intelligent Driver Assistance System," in *e-Indonesia Initiative (eII) Forum ke VIII*, Bandung, 2012.
- [17] Noor Cholis Basjaruddin, Kuspriyanto, and Yoga Priyana, "Developing Dependable System Using Intelligent Assistant for Minimizing Human Error : A Framework for Design," in *13th Seminar on Intelligent Technology and Its Application*, Surabaya, 2012.