

Sistem Kendali Kendaraan Beriringan Berbasis Kendali Kooperatif

Moch. Adji Ilham Akbar¹, Noor Cholis Basjaruddin², Didin Saefudin³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : adjiakbar8@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : noorcholis@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : sadien@gmail.com

ABSTRAK

Vehicle Platooning Control System Based on Cooperative Control adalah sistem yang berfungsi untuk menjaga jarak beberapa (3 atau lebih) mobil sesuai dengan yang telah ditentukan oleh pengemudi atau oleh mobil yang berada didepannya. Sistem ini merupakan sistem yang dikembangkan dari sistem CACC (*Cooperative Adaptive Cruise Control*). Masalah yang ada pada sistem CACC adalah delay respon mobil dan sistem CACC ini tidak dilengkapi dengan sistem pengereman mobil. Delay respon mobil berkurang karena mobil menyesuaikan jarak antar mobil dan kecepatan mobil didepannya. Pada penelitian ini sistem *Vehicle Platooning Control System Based on Cooperative Control* disimulasikan dengan menggunakan 4 mobil RC (remote control) skala 1:10 dengan 1 mobil sebagai *leading vehicle* dan 3 mobil sebagai *following vehicle*. Kendali kooperatif pada penelitian ini digunakan untuk menjaga jarak antar mobil RC. Mobil RC ini dilengkapi dengan sensor ultrasonic PING Parallax dan komunikasi *wireless nRF24L01*. Untuk pengendalinya yaitu Arduino Mega 2560 dengan menggunakan metode *fuzzy logic* untuk menentukan kecepatan mobil dan sistem *active steering assistance for lane keeping* ditambahkan ke dalam sistem ini agar mobil tetap pada jalurnya sehingga mencegah tabrakan samping. Hasil ujicoba yang dilakukan memiliki persentase keberhasilan sebesar 70% ketika posisi *following vehicle* tetap dan 60% ketika posisi *following vehicle* berubah – ubah.

Kata Kunci

Cooperative Adaptive Cruise Control, Vehicle Platooning Control Based on Cooperative Control, Active Steering For Lane Keeping, Logika Fuzzy

1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, kebutuhan akan penggunaan mobil mengalami kenaikan setiap tahunnya. Dengan bertambahnya jumlah mobil maka bertambah pula jumlah kendaraan di jalan, maka kecenderungan terjadinya kecelakaan meningkat. Seiring meningkatnya kecelakaan tersebut, maka perlu diperhatikan pula fitur - fitur pendukung pada kendaraan. Salah satu fitur yang harus diperhatikan adalah sistem keselamatan.

Peningkatan keselamatan dan kenyamanan ini dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah dengan menerapkan berbagai macam teknologi atau sistem yang dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan. Salah satu sistem yang diterapkan pada mobil saat ini adalah sistem CACC (*Cooperative Adaptive Cruise Control*). Sistem CACC memiliki fungsi menjaga kecepatan dan jarak mobil dengan mobil yang berada didepannya. Pada sistem CACC kecepatan mobil diatur berdasarkan jarak antar mobil dan kecepatan mobil di depan yang dikirimkan melalui media nirkabel. Namun sistem CACC ini masih memiliki kekurangan yaitu delay mobil membutuhkan waktu 10 detik untuk menyesuaikan jarak sehingga pengereman kurang responsive dan nyaman. Selain itu sistem CACC ini hanya menjaga jarak dan kecepatan diantara 2 mobil saja.

Untuk meningkatkan kenyamanan dari pengemudi dan

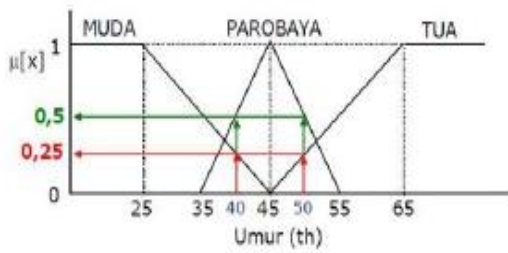
penumpang mobil maka dilakukanlah pengembangan dari sistem CACC yaitu *Vehicle Platooning Control Based on Cooperative Control* yang dapat diimplementasikan pada mobil *remote control* dimana dalam penelitian ini menggunakan 5 mobil *remote control*.

2. KENDALI KOOPERATIF DAN LOGIKA FUZZY

Salah satu komunikasi yang digunakan pada kendali kooperatif ini adalah DSRC (*Dedicated Short Range Communication*), DSRC merupakan teknologi yang digunakan untuk jenis komunikasi satu arah ataupun dua arah dengan rentang jarak pendek hingga medium menggunakan saluran komunikasi nirkabel. Saluran komunikasi DSRC dirancang khusus untuk penggunaan dalam bidang otomotif dengan protokol dan standar yang sudah ditentukan. DSRC menggunakan standar IEEE 802.11p WAVE (*Wireless Access for Vehicular Environment*). Standar ini merupakan modifikasi dari standar IEEE 802.11 yang digunakan untuk WiFi.

Logika Fuzzy merupakan peningkatan dari logika Boolean. Logika Boolean menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), sedangkan logika fuzzy

menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Contoh penggunaan logika fuzzy diperlihatkan pada Gambar 1



Gambar 1 Contoh penggunaan Logika Fuzzy

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 atau 1 dan tingkat keabuan hitam atau putih yang dinyatakan dalam bentuk linguistik. Logika ini berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Logika fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965. Terdapat beberapa atribut himpunan fuzzy, yaitu :

1. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang digunakan dalam suatu sistem fuzzy. Contoh variabel fuzzy adalah jarak, panas, berat dan lain-lain.

2. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah kondisi yang mewakili variabel fuzzy. Himpunan ini memiliki dua atribut yaitu linguistik dan numerik. Atribut linguistik adalah penamaan yang mewakili suatu kondisi, misalnya panas, hangat dan dingin. Sedangkan atribut numerik adalah nilai dari variabel seperti 16, 18, 20, 32 dan seterusnya.

3. Himpunan Semesta

Himpunan semesta adalah seluruh nilai yang boleh dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Contoh himpunan semesta untuk variabel suhu adalah Suhu:[0,100].

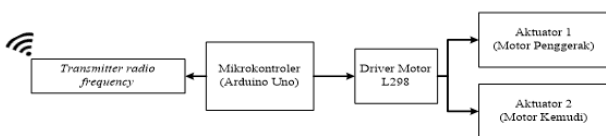
4. Domain

Domain adalah seluruh nilai yang diperbolehkan dalam himpunan semesta dan dapat dioperasikan dalam himpunan fuzzy. Contohnya adalah sebagai berikut :

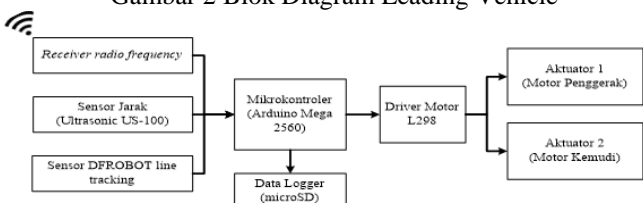
- a. Dingin = [0, 60]
- b. Hangat = [60, 80]
- c. Panas = [80, 100]

3. PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini, mobil RC yang digunakan sebanyak 4, dengan 1 mobil RC sebagai *leading vehicle* dan 3 mobil RC sebagai *following vehicle*. Untuk jalur yang digunakan merupakan jalur yang lurus dan datar. Untuk itu digunakan sensor line tracking agar mobil tetap melaju lurus sesuai dengan jalur yang telah dibuat. Semua data yang didapat kemudian disimpan di microSD, dimana disetiap *following vehicle* RC dilengkapi dengan modul microSD. Dan untuk mengetahui jarak antara mobil RC digunakan sensor ping dimana sensor ping ini akan membaca jarak antar mobil RC. *Leading vehicle* akan mengirimkan data kecepatannya ke 3 *following vehicle* melalui komunikasi NRF24L01.



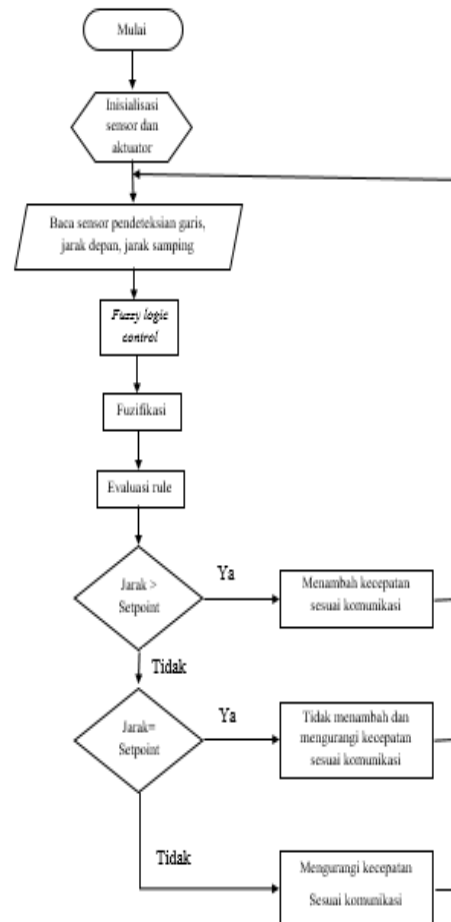
Gambar 2 Blok Diagram Leading Vehicle



Gambar 3 Blok Diagram Following Vehicle

3.1 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yang dilakukan merupakan pemrograman agar sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Pembuatan program ini dilakukan menggunakan aplikasi Arduino IDE.



Gambar 4 Diagram alir sistem kendali kooperatif

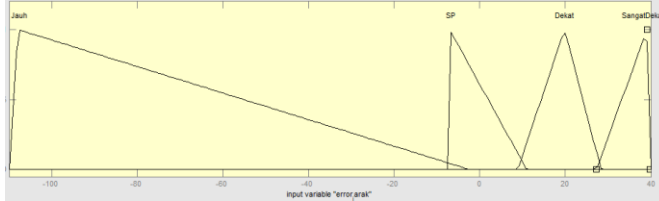
3.2 Perancangan Fuzzy Logic Controller

Perancangan FLC (*fuzzy logic controller*) dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB. *Software* MATLAB memungkinkan untuk melakukan desain dan simulasi dari nilai-nilai FLC yang diinginkan. Metode yang digunakan pada defuzzifikasi adalah metode Mamdani. Metode Mamdani merupakan metode mencari nilai dari titik keseimbangan pada daerah *output* yang menjadi titik-titik pertemuan dari nilai kedua *input*nya. Dalam proses penggunaan FLC terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi.

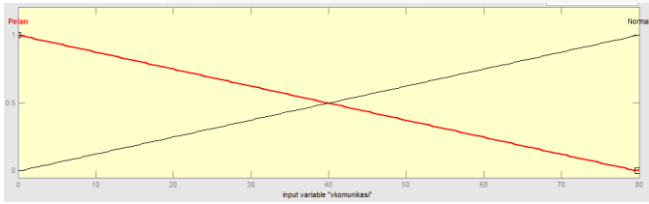
Pada simulasi sistem Kendali Kooperatif ini terdapat dua buah variabel yang dijadikan sebagai *input* logika fuzzy yaitu, *error* dan kecepatan mobil di depan. *Input error* merupakan nilai selisih antara *setpoint* dengan jarak antara mobil. *Input error* pada fuzzy dibagi menjadi 4 himpunan yaitu sangat dekat, dekat, *setpoint*, dan jauh. Sedangkan data yang digunakan sebagai *input* fuzzy kecepatan merupakan data

kecepatan mobil di depan yang dikirimkan melalui komunikasi nRF24L01. Himpunan *input* fuzzy kecepatan dibagi menjadi dua yaitu, pelan dan normal.

Bentuk dari *membership function* untuk *input* fuzzy dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 5 *Membership function* error jarak



Gambar 6 Membership function input kecepatan dari komunikasi

Tahap yang dilakukan selanjutnya setelah tahap fuzzifikasi adalah melakukan proses evaluasi aturan fuzzy. Pada tahap ini proses yang dilakukan adalah menentukan output yang akan dihasilkan oleh fuzzy logic controller. Tahap ini dilakukan agar output fuzzy logic controller sesuai dengan yang diinginkan. Untuk menentukan aturan fuzzy dapat dilihat pada Tabel 1 yang merupakan tabel FAM (fuzzy assosiatif memory). Tabel FAM ini didapatkan dari kemungkinan-kemungkinan dari berbagai input.

Tabel 1. Klasifikasi Keputusan Akhir Tanda Vital

		Error Jarak			
		Sangat Dekat	Dekat	Setpoint	Jauh
Kecepatan dari Komunikasi	Pelan	Berhenti	Pelan	Pelan	Cepat
	Normal	Berhenti	Sangat Pelan	Normal	Cepat

4. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian rangkaian catu daya dilakukan dengan cara mengukur tegangan output dengan menggunakan voltmeter. Tegangan yang diukur adalah tegangan output dari baterai dan output dari rangkaian RPS dan juga modul XI6009. Tegangan output yang diukur yaitu tegangan output 5V dan tegangan output 10V. Data hasil pengujian rangkaian RPS dan modul XI6009 terdapat pada Tabel 2

Tabel 2 Hasil Pengujian Rangkaian RPS

No.	Tegangan Baterai	Output 5V	Output 10V
1.	12,6 V	5,02 V	10.07 V
2.	11,5 V	4,98 V	10,05 V

Dari data pengujian pada Tabel 2 diperlihatkan bahwa output tegangan 5V memiliki error sebesar 0,02V dari output yang seharusnya. Sedangkan output 10V memiliki error sebesar 0,05V dan 0,07V. Namun, output yang dihasilkan masih berada pada range yang aman untuk digunakan.

4.2 Pengujian Sensor Jarak

Pengujian sensor jarak dilakukan dengan menguji sensor untuk mengukur jarak tertentu. Berikut ini merupakan pengujian yang dilakukan untuk menguji sensor ultrasonik PING Parallax. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan mobil RC di depan mobil RC lainnya. Posisi mobil RC ini kemudian dipindahkan sehingga ada perubahan jarak dan dapat dilihat hasil

Tabel 3 Pengujian Sensor PingParallax

Percobaan ke-	Jarak(cm) dengan alat ukur(meteran)	Jarak(cm) dengan Arduino
1	1	4
2	2	3
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	10	10
7	15	15
8	20	20
9	25	25
10	30	30
11	40	40
12	50	50
13	100	100
14	150	150
15	200	200

4.3 Pengujian Sensor Line Tracking

Pengujian sensor line tracking dilakukan dengan cara memberikan warna yang putih dan warna hitam. Kemudian nilai output tegangan dari sensor ini dikonversi menjadi nilai logika dengan logika "1" dan logika "0". Hasil pengujian dari sensor line tracking dfrobot v4 dituliskan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor Line Tracking

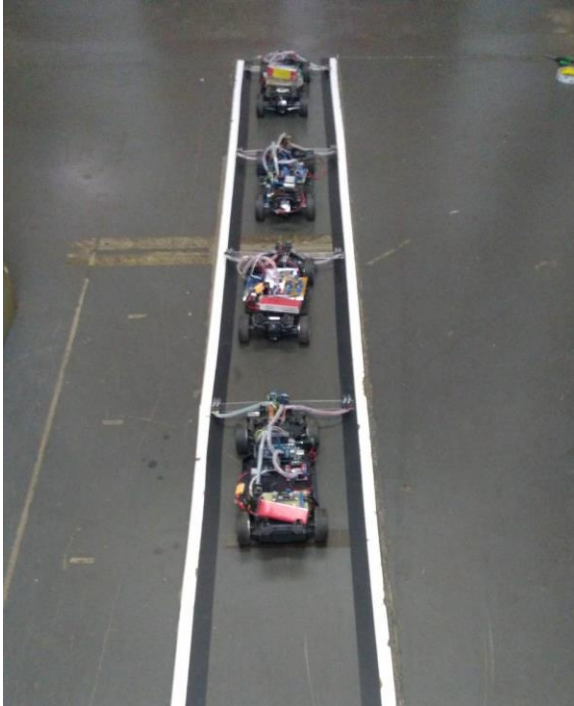
Sensor	Warna	Logic	tegangan
1	Terang	1	3,726V
	Gelap	0	0,5mV
2	Terang	1	3,753V
	Gelap	0	0,5mV
3	Terang	1	3,739V
	Gelap	0	0,4mV
4	Terang	1	3,741V
	Gelap	0	0,4mV

Dari data percobaan yang dilakukan, seperti yang terlihat pada Tabel 4 bahwa output tegangan yang dihasilkan oleh sensor line tracking dapat dijadikan sebagai nilai digital, karena nilai tegangan dapat dianggap sebagai logika "1" pada ketika mendeteksi warna terang (putih) dan logika "0" pada ketika mendeteksi warna gelap (hitam).

4.4 Pengujian Komunikasi NRF24L01

Pada tahap ini pengujian komunikasi dilakukan dengan cara mengatur jarak antara mobil RC, kemudian leading vehicle mengirimkan data menuju following vehicle. Data yang dikirimkan merupakan data berupa integer. Tahap pengujian

ini diperlihatkan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Pengujian Jarak Jangkauan komunikasi NRF24L01

Hasil dari pengujian jarak jangkauan komunikasi dituliskan pada Tabel 5

Tabel 5 Jarak Jangkauan NRF24L01

Jarak percobaan(cm)	Koneksi
10	Baik
20	Baik
30	Baik
40	Baik
50	Baik
100	Baik
150	Baik
200	Baik
250	Baik
300	Baik
400	Baik
500	Delay 10 detik

4.5 Pengujian Sistem Kendali Kooperatif dengan Posisi *Following Vehicle* Tetap

Pengujian sistem kendali kooperatif pada pengujian kali ini dilakukan dengan menjalankan mobil RC lain yang berfungsi sebagai *leading vehicle* pada jalur yang sama dengan posisi *leading vehicle*.

Following vehicle yang dilengkapi dengan sistem kendali kooperatif harus bisa menyesuaikan jaraknya dengan *setpoint* jarak. Hasil pengujian sistem kendali kooperatif dengan posisi *following vehicle* yang tetap

diperlihatkan pada Tabel 6 dan Tabel 7

Tabel 6 Hasil Pengujian dengan posisi *Following Vehicle* Tetap

No.	Jarak Awal	Percobaan Ke-										Persentase Keberhasilan	Keterangan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0-10 cm	✓	X	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	70%	F_V 2 dan 3 keluar dari jalur pada percobaan ke 2,4, dan 8

Tabel 7 Tingkat Keberhasilan Pengujian sistem dengan posisi *Following Vehicle Tetap*

Jarak(cm)	Waktu (s)	Setpoint	Kecepatan <i>Following Vehicle</i> (PWM)	Kecepatan <i>Leading Vehicle</i> (PWM)
0	0	40	0	0
20	2	40	20	50
70	4	40	70	70
40	6	40	75	70
45	8	40	70	70
40	10	40	65	70
35	12	40	70	70
40	14	40	75	70
45	16	40	70	70
40	18	40	50	50
10	20	40	0	50

No.	Jarak Awal	Percobaan Ke-										Persentase Keberhasilan	Keterangan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0-10 cm	√	X	X	X	√	√	√	X	√	√	60%	F_V 2 dan 3 keluar dari jalur pada percobaan ke 2 dan 3. Dan F_V 1 dan 3 keluar dari jalur pada percobaan ke 5 dan 8

4.6 Pengujian Sistem Kendali Kooperatif dengan Posisi *Following Vehicle Berubah - Ubah*

Pengujian sistem kendali kooperatif pada pengujian kali ini dilakukan dengan menjalankan mobil RC yang berfungsi sebagai *leading vehicle* pada jalur yang sama dengan posisi *leading vehicle*. *Leading vehicle* 1,2 dan 3 diberikan kecepatan sesuai dengan data kecepatan *leading vehicle* yang diterima dan posisi *leading vehicle* berubah - ubah. Pada pengujian ini *setpoint* yang ditentukan adalah 40 cm. *Following vehicle* yang dilengkapi dengan sistem kendali kooperatif harus bisa menyesuaikan jaraknya dengan *setpoint* jarak. Hasil pengujian sistem kendali kooperatif dengan posisi *following vehicle* yang berubah – ubah diperlihatkan pada Tabel 8 dan Tabel 9

Tabel 8 Pengujian Sistem dengan *Following Vehicle Berubah - ubah*

Jarak	Waktu (s)	Setpoint	Kecepatan <i>Following Vehicle</i> (PWM)	Kecepatan <i>Leading Vehicle</i> (PWM)
0	0	40	0	0
20	2	40	20	50
70	4	40	70	70
40	6	40	75	70
40	8	40	70	70
40	10	40	70	70
35	12	40	75	70
30	14	40	75	70
50	16	40	60	70
40	18	40	50	50
10	20	40	0	50

Tabel 9 Tingkat Keberhasilan Sistem dengan posisi *Following Vehicle Berubah – ubah*



5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis alat hasil rancangan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perancangan dan realisasi sistem pengendalian iringan kendaraan berbasis kendali kooperatif menggunakan mobil RC berhasil dilakukan dengan indeks keberhasilan sebesar 70% pada posisi *following vehicle* tetap dan 60% pada posisi *following vehicle* yang berubah – ubah.
2. Posisi *following vehicle* yang diubah – ubah tidak mempengaruhi sistem kendali kooperatif karena setiap *following vehicle* memiliki alamat masing – masing sehingga data yang dikirim dapat diterima tanpa ada kendala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Bu, H.-S. Tan dan J. Huang, “Desing and Field Testing of A Cooperative Adaptive Cruise Control,” 2010 American Control Conference, pp.4616-4621, 2010
- [2] R. M. P. Akbar, “Sistem Penghindaran Tabrakan Depan-Depan Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Perhitungan Time To Collision (TTC),” Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2015.
- [3] “433 Mhz RF Link Kit,” Robotshop, 2015.
- [4] A. D. Saputra, “Sistem Penyalipan Otomatis Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Perhitungan Waktu Salip,” Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2015.
- [5] Arduino, “Arduino-SPI,” Arduino, [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>. [Diakses Maret 2019].
- [6] F. Electronics, “Micro SD Card Module,” Future Electronics.
- [7] H. Labs, “hvlabs.com,” HV Labs, 2011. [Online]. Available: <http://www.hvlabs.com/hbridge.html>. [Diakses Maret 2019].