



Perancangan Kemudi Kendaraan Listrik Penghindar Halangan Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy

Desky Pratama, Ekawati Prihatini*, Selamat Muslimin
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Ilir Barat 1, Palembang, Indonesia
E-mail: ekameiyer@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
<p>Diserahkan tanggal: 4 Juli 2019</p> <p>Direvisi tanggal: 23 Oktober 2019</p> <p>Diterima tanggal: 1 Desember 2019</p> <p>Dipublikasikan tanggal: 31 Januari 2020</p> <p>Digital Object Identifier: 10.21063/JTE.2020.3133906</p> 	<p>Seiring dengan berkembangnya mobil listrik, banyak perusahaan-perusahaan ternama sedang membuat mobil listrik dapat bergerak sendiri (<i>autopilot</i>). Hal ini dilakukan untuk membantu pengemudi dalam menunjukkan arah dan meringankan beban pengemudi. Perencanaan gerak untuk kendaraan otomatis adalah prosedur untuk menemukan jalan dari posisi awal ke keadaan akhir, sambil menghindari benturan dengan rintangan. Sensor yang digunakan untuk menghindari adanya rintangan adalah sensor ultrasonik. Ultrasonik sangat efektif dapat mendeteksi benda dari jarak 2 cm – 3 m, sensor tersebut terpasang lima buah di depan mobil sebagai navigasi. Pada saat terdeteksi adanya halangan sensor akan memberikan sinyal untuk memerintahkan sistem kemudi berbelok. Sistem kemudi yang terpasang dirancang secara <i>electric power steering</i>. Agar sistem kemudi dapat berbelok dengan baik, maka metode yang dipakai menggunakan pengontrolan logika fuzzy. Pengontrolan tersebut berfungsi untuk melihat kondisi halangan di depannya dan memberikan keputusan untuk kemudi berbelok ke kanan atau berbelok ke kiri.</p> <p>Kata kunci: Mobil listrik, motion planning, ultrasonik, electric power steering.</p>

1. PENDAHULUAN

Mobil dengan bahan bakar minyak (BBM) berkembang seiring dengan rendahnya harga minyak dunia, sehingga kebutuhan BBM untuk mobil semakin lama semakin meningkat [1]. Sementara itu cadangan energi bahan bakar minyak (BBM) kian menipis. Menurut *Chief Executive Officer* dari British Petroleum, Tony Hayward, cadangan minyak di bumi hanya akan bertahan selama 42 tahun lagi [2]. Penghematan bahan bakar minyak pada sektor transportasi serta isu *global warming* mendorong perlunya dikembangkan alat transportasi yang hemat BBM dan ramah lingkungan [3]. Dari permasalahan ini perlu dicari sumber energi alternatif sebagai sumber energi yang digunakan untuk menggerakkan mobil serta teknologi penggerak mobil yang tidak menggunakan motor bakar.

Salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan pada BBM dan mengurangi polusi lingkungan hidup adalah membuat mobil listrik [4]. Seiring dengan berkembangnya mobil listrik, banyak perusahaan-perusahaan ternama sedang menggarap membuat mobil listrik *autopilot* [5]. Hal ini dilakukan untuk membantu pengemudi dalam menunjukkan arah dan meringankan beban pemudi. Karena mengemudi dengan waktu yang lama akan membuat tubuh menjadi kelelahan karena terlalu fokus dan sedikit bergerak [6]. Akan tetapi banyak jadi permasalahan juga mobil terjadi benturan dan mengalami kerusakan. Maka dari itu dalam hal ini penulis ingin membuat suatu inovasi dengan merancang mobil listrik yang dilengkapi dengan pendeteksi halangan apabila mobil mendapatkan gangguan dengan adanya objek lain di depannya. Agar didapatkan kontrol yang baik dan mengurangi terjadinya masalah digunakanlah metode kontrol logika fuzzy sebagai kecerdasan [7].

Metode Kontrol Logika Fuzzy adalah metode yang mempunyai *rule*, dimana *rule* tersebut dapat didesain sendiri oleh peneliti. Sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan konsep pemikiran yang

dituangkan peneliti ke dalam algoritma kontrol logika fuzzy. Dalam simulasi ini, logika fuzzy dimanfaatkan sebagai metode penelitian untuk menentukan nilai sudut belok mobil untuk berjalan menuju target, maupun untuk menghindari halangan [8 – 11].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem Kemudi

Ackerman steering merupakan pengendalian arah gerak mobil dengan menggerakkan sudut putar roda depan [1]. Sistem ini dirancang untuk memastikan gerak roda depan dalam diputar ke sudut yang sedikit lebih tajam dari luar roda saat membelok, sehingga menghilangkan *geometrically* disebabkan ban selip. Seperti yang terlihat pada gambar 1 sumbu dua roda depan berpotongan di satu titik yang sama dan terletak pada sumbu poros belakang. Dapat dirumuskan pada persamaan:

$$\cot\theta_i - \cot\theta_0 = \frac{d}{l} \quad (1)$$

Artinya:

θ_i = sudut kemudi relatif dari roda bagian dalam.

θ_0 = sudut kemudi relatif dari roda luar.

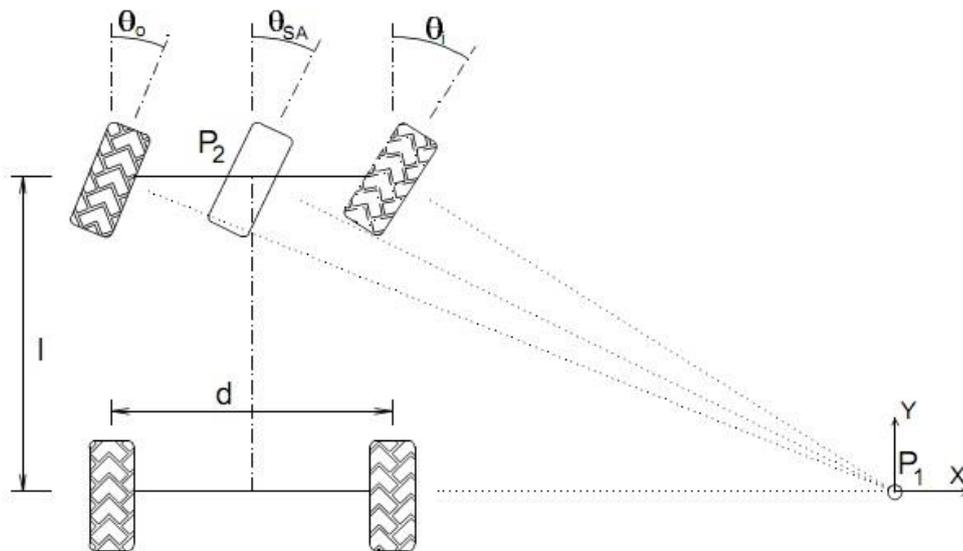
l = pemisahan roda membujur.

d = pemisahan roda lateral.

Sudut kemudi kendaraan 2 dapat dianggap sebagai sudut (*relatif SA* kendaraan) dengan roda pusat imajiner yang terletak di titik acuan P sebagai ajuan ditunjukkan pada Gambar 10, dinyatakan dalam sudut *steering* atau di luar *steering SA*.

$$\cot\theta_{SA} = \frac{d}{2l} + \cot\theta_i \quad (2)$$

$$\cot\theta_{SA} = \cot\theta_0 - \frac{d}{2l} \quad (3)$$



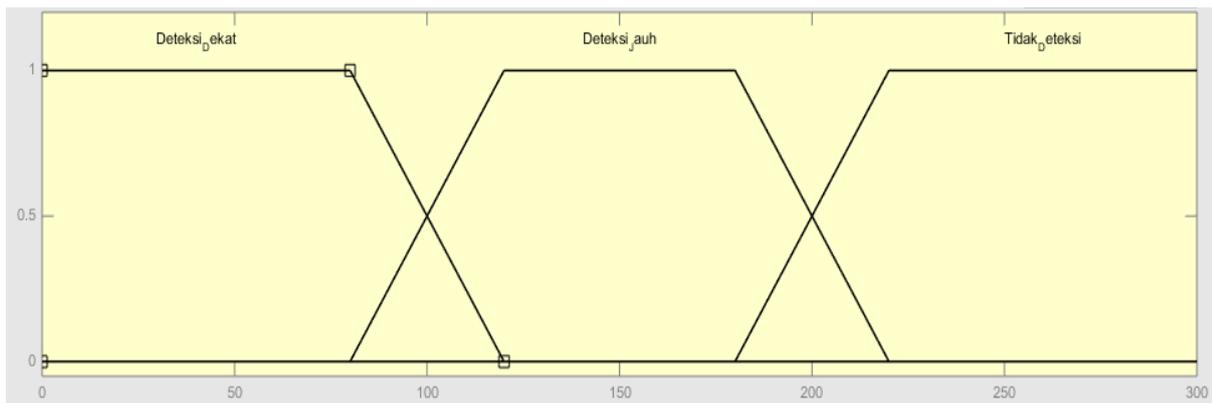
Gambar 1. Kemudi mobil berbelok

2.2 Perancangan Logika Fuzzy

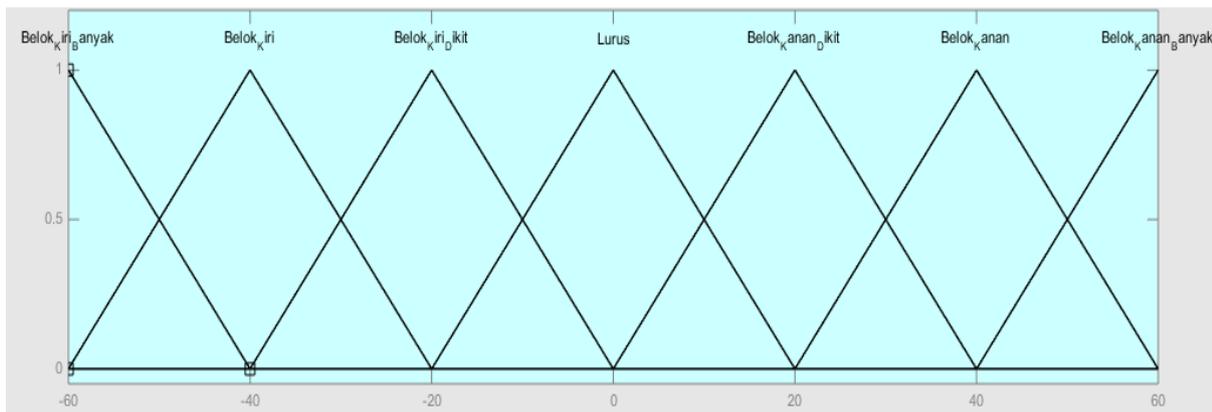
Logika fuzzy dirancang menggunakan Matlab, pada mobil listrik digunakan lima buah sensor ultrasonik sebagai inputnya. Setiap sensor memiliki tiga kondisi yang berbeda yaitu deteksi dekat, deteksi jauh dan tidak terdeteksi. Jarak untuk deteksi dekat di bawah 100 cm, jarak deteksi jauh 100 – 200 cm dan jarak lebih dari 200 cm tidak terdeteksi. Fungsi keanggotaan *input* sensor bisa dilihat pada

gambar 2. Output dari hasil fuzzy tersebut mempunyai tujuh kondisi yaitu belok kiri banyak, belok kiri, beok kiri dikit, lurus, belok kanan dikit, belok kanan dan belok kanan banyak. Nilai sudu hasil outputnya bisa dilihap pada gambar 3. Untuk memenuhi dan mendapatkan hasil kontrol yang baik, dibuatlah aturan-aturan dari setiap kondisi mendeteksi halangan. Dari beberapa kondisi yang bisa dideteksi, terdapat 31 aturan yang dapat dibuat yaitu :

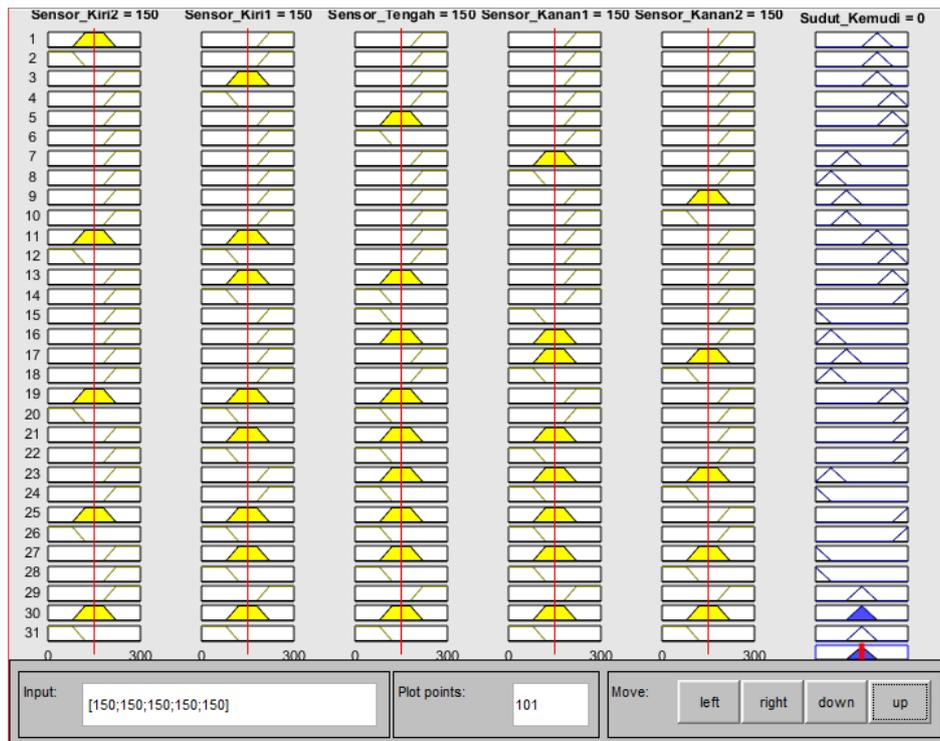
- Rule 1 : (Sensor_Kiri2==Deteksi_Jauh) & (Sensor_Kiri1==Tidak_Deteksi) &
 (Sensor_Tengah==Tidak_Deteksi) & (Sensor_Kanan1==Tidak_Deteksi) &
 (Sensor_Kanan2==Tidak_Deteksi) => (Sudut_Kemudi=Belok_Kanan_Dikit)
- Rule 2 : (Sensor_Kiri2==Deteksi_Dekat) & (Sensor_Kiri1==Tidak_Deteksi) &
 (Sensor_Tengah==Tidak_Deteksi) & (Sensor_Kanan1==Tidak_Deteksi) &
 (Sensor_Kanan2==Tidak_Deteksi) => (Sudut_Kemudi=Belok_Kanan_Dikit)
- Rule 3 : (Sensor_Kiri2==Tidak_Deteksi) & (Sensor_Kiri1==Dektesi_Jauh) &
 (Sensor_Tengah==Tidak_Deteksi) & (Sensor_Kanan1==Tidak_Deteksi) &
 (Sensor_Kanan2==Tidak_Deteksi) => (Sudut_Kemudi=Belok_Kanan_Dikit)
-
-
-
- Rule30 : (Sensor_Kiri2==Deteksi_Jauh) & (Sensor_Kiri1==Dektesi_Jauh) &
 (Sensor_Tengah==Deteksi_Jauh) & (Sensor_Kanan1==Deteksi_Jauh) &
 (Sensor_Kanan2==Deteksi_Jauh) => (Sudut_Kemudi=Lurus)
- Rule31 : (Sensor_Kiri2==Deteksi_Dekat) & (Sensor_Kiri1==Deteksi_Dekat) &
 (Sensor_Tengah==Deteksi_Dekat) & (Sensor_Kanan1==Deteksi_Dekat) &
 (Sensor_Kanan2==Deteksi_Dekat) => (Sudut_Kemudi=Lurus)



Gambar 2 Fungsi keanggotaan input fuzzy



Gambar 3 Fungsi keanggotaan output fuzzy



Gambar 4 Hasil aturan logika fuzzy Tampi

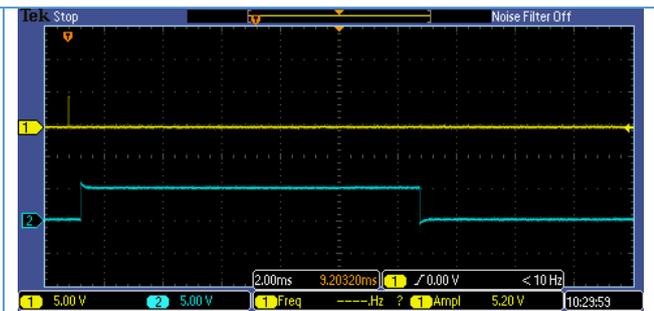
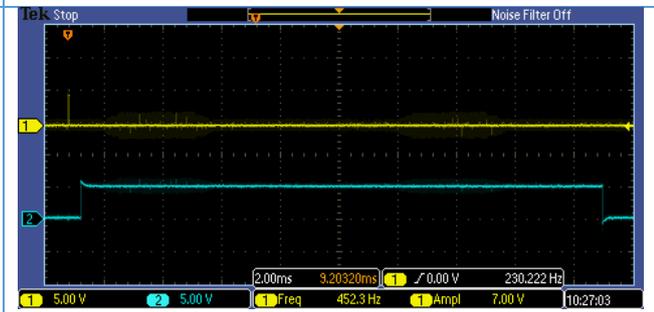
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ultrasonic Distance Range

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui bagaimana proses didapatkannya jarak dari sensor tersebut. Ultrasonik bekerja dengan cara menembakkan gelombang sinyal dari pin Trigger sebesar 10 μ S, kemudian gelombang tersebut akan terpantul jika ada halangan di depannya. Hasil pantulan tersebut akan ditangkap oleh pin Echo. Lebar pulsa yang didapat di konversikan ke dalam rumus dan dihitung. Hasil dari perhitungan tersebut menghasilkan jarak. Berikut hasil pengukuran pada sensor dan konversi ke dalam jarak pada tabel berikut.

Tabel 1 Hasil pengukuran sensor ultrasonik

No.	Hasil Pengukuran	Lebar Pulsa	Jarak
1.		2.900 μ S	50 cm
2.		5.800 μ S	100 cm 1 m

3.		11.600 μS	200 cm 2 m
4.		17.400 μS	300 cm 3 m

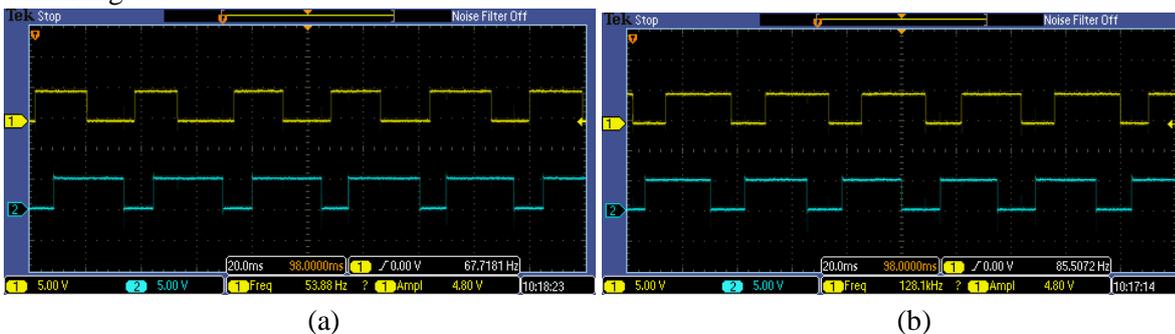
Dapat dilihat hasil dari tabel di atas, berdasarkan dasar teori dari sensor ultrasonik terdapat dua rumus untuk mendapatkan jarak. Berikut cara konversi menjadi jarak :

1. $Jarak = \frac{Lebar\ Pulsa}{2 \times 29.034\mu S} \quad Cm = \frac{2.900\ \mu S}{58\ \mu S} \quad Cm = 50\ cm$
2. $Jarak = \frac{Lebar\ Pulsa}{2 \times 29.034\mu S} \quad Cm = \frac{5.800\ \mu S}{58\ \mu S} \quad Cm = 100\ cm$

3.2 Rotary Encoder

Sensor *rotary encoder* ini dipasang pada sistem kemudi dan sistem penggerak, *rotary encoder* ini berfungsi untuk menyandikan setiap putaran menjadi sesuatu yang dibutuhkan. *Rotary encoder* yang dipasang pada sistem kemudi berfungsi untuk mengatur sudut putaran kemudi. Jika nilai *rotary encoder* adalah 0, maka kemudi akan berada pada posisi tengah. Jika nilai *rotary encoder* bernilai positif (+) kemudi akan berputar ke kanan, sebaliknya nilai *rotary encoder* bernilai negatif (-) kemudi akan bergerak ke kiri.

Dari gambar 5a, terlihat bahwa kemudi akan bergerak berputar ke kanan apabila pada *Channel A* ketika berubah bit dari 0 (*Low*) ke 1 (*High*) dan di *Channel B* dalam kondisi 0 (*Low*). Setiap kemudi berputar ke kanan nilai *rotary encoder* akan selalu bertambah. Sedangkan pada gambar 5b, terlihat bahwa kemudi akan bergerak berputar ke kiri apabila pada *Channel A* ketika berubah bit dari 0 (*Low*) ke 1 (*High*) dan di *Channel B* dalam kondisi 1 (*High*). Setiap kemudi berputar ke kiri nilai *rotary encoder* akan selalu berkurang.



Gambar 5 *Rotary encoder*, (a) putar ke kanan; (b) putar ke kiri

3.3 Hasil Pengujian Sistem Kemudi

Pengujian pergerakan kemudi dilakukan untuk mengetahui respon sistem kemudi jika terdapat halangan di depannya. Pengujian ini juga dilakukan untuk melihat ketepatan pergerakan sistem kemudi dan

membandingkan dengan kondisi yang sebenarnya. Sistem kemudi yang dirancang dengan model *Ackerman Steering*. Berikut adalah hasil pengukuran sudut pada sistem kemudi yang bisa dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Pengukuran sudut pada sistem kemudi

No.	Sudut Steer	Sudut Ban Kiri	Sudut Ban Kiri	Arah Putaran
1.	- 60	- 72	- 50	CCW
2.	- 45	- 53	- 39	CCW
3.	- 30	- 34	- 26	CCW
4.	- 15	- 16	- 14	CCW
5.	0	0	0	Tengah
6.	+ 15	14	16	CW
7.	+ 30	26	34	CW
8.	+ 45	39	53	CW
9.	+ 60	50	72	CW

Sistem kemudi akan mendeteksi adanya halangan jika jarak yang terukur pada sensor < 200 cm. Deteksi halangan terbagi menjadi dua yaitu jauh dan dekat, yang disesuaikan dengan perancangan kontrol logika fuzzy. Kelima sensor tersebut akan mendeteksi secara bersamaan. Jika salah satu sensor atau semua sensor mendeteksi, maka sensor akan mengirimkan sinyal ke Arduino dan akan di terjemahkan kemudian memberikan perintah pada sistem kemudi. Berikut adalah respon sistem kemudi pada halangan di depannya yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Respon sistem kemudi dengan objek halangan

No.	Sensor Kiri2	Sensor Kiri1	Sensor Tengah	Sensor Kanan1	Sensor Kanan2	Sudut Kemudi	Keterangan Kemudi
1.	TD	TD	TD	TD	TD	0	Lurus
2.	DJ	TD	TD	TD	TD	20	Belok Kanan Dikit
3.	TD	DJ	TD	TD	TD	20	Belok Kanan Dikit
4.	TD	TD	DJ	TD	TD	40	Belok Kanan
5.	TD	TD	TD	DJ	TD	-20	Belok Kiri Dikit
6.	TD	TD	TD	TD	DJ	-20	Belok Kiri Dikit
7.	DJ	DJ	TD	TD	TD	20	Belok Kanan Dikit
8.	TD	DJ	DJ	TD	TD	40	Belok Kanan
9.	TD	TD	DJ	DJ	TD	-40	Belok Kiri
10.	TD	TD	TD	DJ	DJ	-20	Belok Kiri Dikit
11.	DJ	DJ	DJ	TD	TD	40	Belok Kanan
12.	TD	DJ	DJ	DJ	TD	53,7	Belok Kanan Banyak
13.	TD	TD	DJ	DJ	DJ	-40	Belok Kiri
14.	DJ	DJ	DJ	DJ	TD	53,7	Belok Kanan Banyak
15.	TD	DJ	DJ	DJ	DJ	-53,7	Belok Kiri Banyak
16.	DJ	DJ	DJ	DJ	DJ	0	Lurus
17.	DD	TD	TD	TD	TD	20	Belok Kanan Dikit
18.	TD	DD	TD	TD	TD	40	Belok Kanan
19.	TD	TD	DD	TD	TD	53,7	Belok Kanan Banyak
20.	TD	TD	TD	DD	TD	-40	Belok Kiri
21.	TD	TD	TD	TD	DD	-20	Belok Kiri Dikit
22.	DD	DD	TD	TD	TD	40	Belok Kanan
23.	TD	DD	DD	TD	TD	53,7	Belok Kanan Banyak
24.	TD	TD	DD	DD	TD	-53,7	Belok Kiri Banyak
25.	TD	TD	TD	DD	DD	-40	Belok Kiri
26.	DD	DD	DD	TD	TD	53,7	Belok Kanan Banyak

27.	TD	DD	DD	DD	TD	53,7	Belok Kanan Banyak
28.	TD	TD	DD	DD	DD	-53,7	Belok Kiri Banyak
29.	DD	DD	DD	DD	TD	53,7	Belok Kanan Banyak
30.	TD	DD	DD	DD	DD	-53,7	Belok Kiri Banyak
31.	DD	DD	DD	DD	DD	0	Lurus

Keterangan :

TD = Tidak Deteksi (Jarak > 200)

DJ = Deteksi Jauh (100 < Jarak < 200)

DD = Deteksi Dekat (0 < Jarak < 100)

4. KESIMPULAN

Mobil dapat mempertahankan kecepatannya pada saat berbelok dikarenakan tidak selip atau *understeering*. Sensor ultrasonik mendeteksi halangan dengan baik dan efisien pada jarak 2 cm – 3 m. Jika halangan terdeteksi pada bagian sebelah kiri mobil, maka kemudi mobil akan berbelok ke kanan. Jika halangan terdeteksi pada bagian sebelah kanan mobil, maka kemudi mobil akan berbelok ke kiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Pramana and E. Pitowarno, "Sistem Kemudi Elektrik Tipe Ackerman pada Kendaraan Listrik Bertenaga Bantu Sel Surya," 2011.
- [2] F. Adi Soempeno, "Cadangan Minyak Dunia Hanya Cukup untuk 42 Tahun," *kompas.com*, 2009.
- [3] I. M. Astra, "Energi dan Dampaknya Terhadap Lingkungan," vol. 11, no. 2, pp. 131–139.
- [4] F. Zainuri, A. Apriana, and D. Dwi Haryadi, "Optimalisasi Rancang Bangun Mobil Listrik Sebuah Studi Kendaraan Hemat Energi Sebagai Bagian Solusi Alternatif Krisis Energi Dunia," vol. 14, no. 3, 2015.
- [5] S. Latif, "Produsen Mobil Listrik AS Rancang Kendaraan Auto-Pilot," *liputan6.com*, 2013.
- [6] A. Rahman and B. Hermana, "Faktor yang Mempengaruhi Kelelahan Pengendara Mobil Pribadi," 2014.
- [7] S. Y. Asmak, H. Widyantara, and I. Puspasari, "Analisa Perbandingan Metode Fuzzy Logic Control dan Metode Virtual Force Field (Vff) Untuk Dynamic Obstacle Avoidance," *Jcones*, vol. 4, no. 1, pp. 113–118, 2015.
- [8] Parallax Inc., "(PING)))TM Ultrasonic Distance Sensor (# 28015)," *Parallax*, no. 916. pp. 1–12, 2009.
- [9] H. Pratama, E. Haritman, and T. Gunawan, "Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontroler Atmega 32," *Electrans*, vol. 11, no. 2, pp. 36–43, 2012.
- [10] I. G. R. Sandy, F. Q. Gani, Z. Zainuddin, and A. E. U. Salam, "Implementasi Rotary ENcoder Sebagai Sensor Posisi pada Simulator Meriam," 2012.
- [11] N. Pandapotan, I. R. Pratama, M. I. Anshori, and C. F. Widyasari, "Simulasi Pengaturan dan Pendeteksi Kecepatan Motor DC dengan Potensiometer dan Encoder," 2014.