

## Otomatisasi Sistem Pengereman Mobil menggunakan Sensor Jarak

### *Vehicle Braking System Automation using a Distance Sensor*

Rodi Hartono\*, Okta Rusdiansyah, Fajar Petrus Apris Samosir, Rizky Naufal M

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati Ukur No.112-116, Lebakgede, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132

\*Email: [rodi.hartono@email.unikom.ac.id](mailto:rodi.hartono@email.unikom.ac.id)

**Abstrak** – Salah satu faktor dalam kecelakaan lalu lintas adalah kesalahan pengemudi dalam berkendara (*human error*). faktor ini merupakan satu penyebab tertinggi dengan angka, 1 kecelakaan tiap 24 detik. Untuk mengantisipasi hal tersebut, saat berkendara kedisiplinan pengemudi dan konsentrasi pengemudi sangat diperlukan. Tetapi, saat pengemudi memiliki kedisiplinan dan konsentrasi yang cukup kecelakaan masih bisa terjadi. Maka dari itu, kualitas sistem dari keamanan kendaraan akan menjadi sangat berpengaruh terhadap keselamatan pengemudi saat berkendara. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan yang ada dan terobosan pada bidang teknologi saat ini, maka sangat memungkinkan bagi manusia untuk menciptakan sistem keamanan dan diterapkan dalam kendaraan yang ada. Kecelakaan banyak disebabkan oleh pengemudi yang tidak dapat bereaksi dengan cepat ketika muncul objek yang menghalangi secara mendadak. Terlebih lagi di dalam kondisi pengemudi sedang berkendara dengan kecepatan tinggi. Hal ini bisa dihindari melalui penerapan otomatisasi sistem di bagian pengereman, sehingga kecepatan kendaraan akan secara perlahan menjadi lambat walaupun pengemudi gagal menginjak tuas rem. Sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan bisa dihindari. Otomatisasi ini diharapkan bisa diimplementasikan pada kendaraan secara luas. Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah sistem otomatisasi rem dengan memanfaatkan logika *fuzzy* untuk menciptakan *prototype*. Dari evaluasi inilah diketahui nilai untuk setiap fungsi keanggotaan. Nilai-nilai ini digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan *Rules* yang akan mempengaruhi nilai keluaran dari kekuatan rem. Dengan adanya *Rules* ini, maka otomatisasi sistem rem dapat bekerja secara optimal. Diketahui jarak untuk mobil dari *prototype* dapat berjalan di antara mobil (*obstacle*) yang lain dengan lebar 50 cm dan proses pengereman pada mobil *prototype* akan berhenti total disaat *prototype* berada pada jarak yang ditentukan dengan objek yang menghalangi didepannya.

**Kata kunci:** Otomatisasi Sistem Rem, Logika Fuzzy, Jarak, Kecepatan.

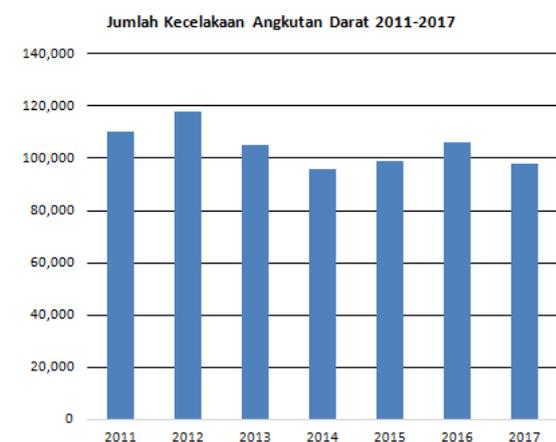
**Abstract** - One factor in traffic accidents is the driver's error in driving (*human error*). This factor is one of the highest causes with numbers, 1 accident every 24 seconds. To anticipate this, when driving the discipline of the driver and the concentration of the driver is very necessary. However, when drivers have discipline and sufficient concentration of accidents can still occur. Therefore, the quality of the system from vehicle safety will greatly affect the safety of the driver when driving. With the advancement of existing knowledge and breakthrough in the field of technology today, it is very possible for humans to create security systems and apply them to existing vehicles. Many accidents are caused by motorists who cannot react quickly when a blocking object suddenly appears. Even more so in the condition of the driver driving at high speed. This can be avoided through the application of system automation in the braking section, so that the vehicle speed will slowly slow down even though the driver fails to step on the brake lever. So that the possibility of an accident can be avoided. And automation is expected to be implemented in vehicles widely. In this study, the author designed a brake automation system by utilizing fuzzy logic to create a *prototype*. From this evaluation, the value of each membership function is known. These values are used as the main parameters in determining the *Rules* that will affect the output value of the brake force. With these *Rules*, automation of the brake system can work optimally. And it is known that the distance for the *prototype* car can go between other cars (*obstacle*) with a width of 50 cm and the braking process in the *prototype* car will stop completely when the *prototype* is at the specified distance with the obstacle in front of it.

**Keywords:** Automation of Brake Systems, Fuzzy Logic, Distance, Speed.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas (lakalantas) telah menjadi penyebab utama kematian keliling dunia. Menurut *World Health Organisasi* (WHO), kecelakaan lalu lintas jalan mengorbankan membunuh lebih banyak dibandingkan dengan malaria di seluruh dunia, dan merupakan alasan tingginya angka kematian utama bagi kaum muda berusia 5 (lima) hingga 29 (dua puluh sembilan) tahun, terutama di negara berkembang. Setiap tahunnya lebih dari 50 juta orang terluka dan 1,3 juta jiwa menjadi korban kecelakaan lalu lintas secara global. Mengemudi dalam keadaan mabuk menyebabkan 32% dari kecelakaan, ngebut menyebabkan 31% kecelakaan, gangguan menyebabkan 16% [1]. Kecelakaan lalu lintas (lakalantas) sudah sangat sering terjadi di Indonesia dan menurut Badan Pusat Statistik (BPS), untuk tahun 2016 saja terjadi 106,1 ribu kecelakaan lalu lintas (lakalantas) untuk kategori angkutan darat. Seiring dengan pesatnya kemajuan pada bidang ilmu teknologi, banyak inovasi dalam pembuatan alat baru yang diciptakan agar dapat memudahkan kehidupan seseorang dan meningkatkan kualitas keamanan dalam berkendara. Dimana dalam era modernisasi saat ini, teknologi menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Faktor kesalahan pengemudi (*human error*) masih menempati peringkat atas sebagai penyebab utama tingginya angka kecelakaan lalu lintas dalam berkendara hingga saat ini. Data angka kecelakaan rata-rata tiap tahunnya bisa dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Statistik kecelakaan angkutan darat dari Badan Pusat Statistika

Untuk menghindari hal ini, diperlukan adanya kedisiplinan dan konsentrasi yang cukup dari pengemudi pada saat sedang mengemudi. Tetapi, kualitas dari sistem keamanan pada kendaraan

juga sangat berpengaruh terhadap keselamatan dalam berkendara. Dengan adanya kemajuan pada ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini mampu memberikan kesempatan kepada manusia untuk mendesain sebuah sistem keamanan pada kendaraan. Kecelakaan seringkali terjadi karena pengemudi kehilangan kendali dari laju kendaraan dan tidak bisa melakukan pengereman dengan seketika saat ada obyek di depan secara tiba-tiba. Sebaik apapun sistem keamanan suatu kendaraan, apabila pengemudi sebagai kontrol utama kehilangan kendali, maka semua sistem yang ada menjadi tidak berguna. Terlebih lagi, hal ini terjadi disaat kendaraan sedang berada pada kecepatan yang cukup tinggi. Hal ini bisa dihindari melalui penerapan otomatisasi sistem pengereman, dimana kecepatan kendaraan akan menurun dengan sendirinya disaat pengemudi kehilangan kendali. Oleh karena itu pengemudi tidak perlu menginjak pedal rem dalam keadaan panik.

### B. State of Art

Dalam penelitian ini kami mengusulkan metodologi yang efektif untuk kontrol otomatis sistem pengereman untuk menghindari kecelakaan. Dalam teknologi ini kami menggunakan Arduino, relay, pemancar IR, dan penerima IR untuk fungsi efektif sistem kontrol pengereman. Sistem lengkap ini dapat dipasang pada dashboard kendaraan dan secara efektif digunakan untuk kontrol otomatis sistem pengereman.

Penulis memasukkan model tipe Sugeno ke penghindaran rintangan dari *Autonomous Land Vehicle* (ALV) [2]. Dalam jurnal ini, dirancang sebuah sistem navigasi hirarkis yang membangun sebuah gambar untuk menghindari rintangan yang mirip dengan kemampuan penglihatan manusia diperkenalkan. ALV memperoleh informasi (seperti sudut tampilan yang tidak tepat dan kedalaman kasar, dll.) Untuk menilai arah kemudi yang layak dengan kamera visi stereo selama navigasi.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi permasalahan dalam penelitian ini. Pertama adalah dibutuhkannya suatu sistem yang dapat memperlambat/menghentikan mobil secara otomatis dan halus untuk menghindari kecelakaan kepada pengemudi pada saat ada obyek didepannya. Dari permasalahan yang teridentifikasi diatas, maka dapat dirumuskan masalah apa saja yang dihadapi pada penelitian ini yaitu, bagaimana caranya agar dapat membuat

suatu sistem yang dapat melakukan pengereman secara otomatis pada kendaraan. Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan otomatisasi seperti sistem pencegahan tabrakan kendaraan otomatis berbasis logika *fuzzy* masih berbasis pada pendekatan manajemen yang dibuat secara komputasi untuk menerapkan perkiraan alasan yang diperlukan untuk mengelola masalah penghindaran tabrakan [3].

Sebagian besar studi yang dilakukan menunjukkan bahwa kecelakaan pada kendaraan roda empat terjadi karena kegagalan sistem pengereman. Metode manual menerapkan rem selalu berbahaya karena mengarah pada kecelakaan. Ketidaksadaran pengemudi, kegagalan dalam kaitannya dengan sistem pengereman, kondisi jalan, kecepatan kendaraan yang tidak terkendali dan pengoperasian sistem pengereman secara manual adalah alasan kecelakaan. Diperlukan untuk mengendalikan rem secara otomatis melalui perangkat elektronik untuk meminimalkan masalah kecelakaan [4]. Ada beberapa studi yang membahas tentang otomatisasi sistem pengereman dengan berbagai macam metode. Metode yang pertama adalah dengan menggunakan *Infrared (IR)*. Sensor inframerah sebagai instrumen elektronik yang dipergunakan untuk mendeteksi nilai tertentu dari sekitarnya dengan memancarkan dan atau mendeteksi radiasi inframerah. Sensor inframerah juga bisa dipergunakan sebagai alat pengukur panas yang dipancarkan oleh suatu objek dan mendeteksi gerakan. Gelombang inframerah tidak dapat dilihat secara kasat mata oleh mata manusia. Dalam spektrum elektromagnetik, radiasi inframerah sering ditemukan di antara daerah yang terlihat dan gelombang mikro. Gelombang inframerah pada umumnya memiliki panjang gelombang di antara 0,75 dan 1000 mikrometer. Penulis menggunakan Sensor IR untuk mendeteksi halangan. Sensor IR kemudian menemukan penghalang di depan kendaraan dan menginformasikan bahwa sensor penerima memberikan output tinggi. Pin output ini terhubung ke pin Arduino [4]. Nilai keluaran yang dihasilkan dari metode ini hanya *high* dan *low*, dimana akan menghasilkan sistem pengereman yang tidak halus. Dengan metode *fuzzy* pengereman yang halus bisa tercapai. Metode kedua yang menjadi perbandingan adalah *Intelligent Vehicle Navigation using Fuzzy Logic*. Sistem yang disajikan di sini bertujuan untuk secara otomatis merasakan area / zona seperti "Zona Sekolah", "Zona Kerja" sesuai dan menginformasikan pengemudi dan juga

membantunya dalam mengendalikan kendaraan. Saat desain sistem ini berjalan, sistem yang diusulkan di sini terdiri dari satu set unit: Zone / Area Unit dan Unit Kendaraan. Dalam konvensi, zona atau area khusus ini ditunjukkan di tepi jalan pada tiang atau rambu jalan. Sebagai contoh, di dekat zona sekolah, papan tanda menampilkan "*School Zone Ahead, Drive Slowly*", atau "*Curve Zone Area-Don't go fast*". Proyek ini dikembangkan berdasarkan *EMBEDDED* dan Teknologi RF. Ketika kendaraan memasuki Zona tertentu maka sinyal akan terdeteksi oleh Penerima yang telah ditransmisikan oleh Pemancar yang sudah ditempatkan di Zona tersebut. Sinyal yang diterima akan didekodekan oleh mikrokontroler dan memberi tahu pengemudi melalui Layar LCD. Menurut sinyal yang diterima oleh Mikrokontroler mengendalikan kecepatan Motor DC setelah beberapa detik dari saat sinyal diterima [5]. Jenis metode pengambilan data dengan cara mengumpulkan data-data serta informasi melalui buku dan jurnal-jurnal terkait topik ini, mendatangi dan melakukan tanya jawab dengan para ahli metode fuzzy dan para ahli yang mengerti soal proses pengereman pada mobil, mengidentifikasi sensor dan mikrokontroler yang digunakan. Perancangan dan pembuatan alat yang akan dilakukan meliputi hal yang berkaitan dengan perangkat keras dan perangkat lunak. Dimana perangkat lunak yang digunakan adalah pemrograman ATmega16, pemrograman sensor jarak dan pemrograman metode *fuzzy*. Pengujian yang dilakukan adalah uji coba kelayakan dari sensor jarak. Sensor ultrasonik dapat bekerja berdasarkan nilai perbandingan antara waktu yang direkam setelah dan sebelum gelombang itu dipancarkan. Semakin jauh posisi benda maka waktu pantulan akan semakin lama sedangkan jika semakin dekat posisi benda maka pantulan akan semakin cepat. Setelah alat sudah dinyatakan layak guna, evaluasi simulasi *prototype* perlu dilakukan.

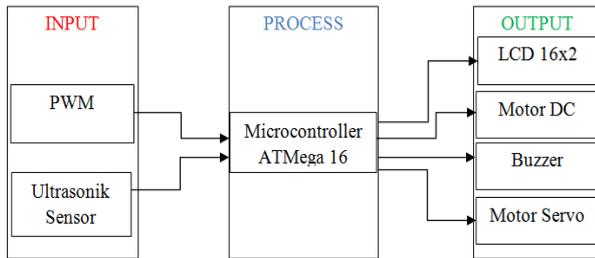
### C. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari pembuatan penelitian ini untuk mengembangkan suatu sistem yang dapat dimanfaatkan untuk pengereman mobil secara otomatis. Kemudian mikrokontroler digunakan untuk mengontrol kecepatan kendaraan berdasarkan informasi pulsa deteksi untuk mendorong pedal rem dan menerapkan rem ke mobil secara luar biasa untuk tujuan keselamatan [5]. Sehingga angka kecelakaan yang disebabkan akibat kelalaian dari pengendara itu sendiri bisa dikurangi.

## II. METODE

### A. Perancangan Sistem

Bagian ini membahas sistem pengereman mobil otomatis ini. Secara garis umum terdapat tiga hal utama yakni bagian masukan data (*input*), proses pengolahan data (*data processing*), dan nilai keluaran (*output value*). Tiga bagian inilah yang menjadi dasar dari kinerja sistem pengereman otomatis ini dijabarkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem Pengereman Mobil Otomatis

Secara umum, cara kerja dari pengereman mobil otomatis yang akan dirancang dalam penelitian ini adalah ketika sensor ultrasonik PING sensor mendeteksi adanya penghalang dengan jarak tertentu, maka secara otomatis mikrokontroler akan memproses inputan dari sensor ultrasonik PING tersebut yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler untuk menentukan pengereman secara otomatis. Berikut ini uraian singkat fungsi dari masing-masing bagian utama blok diagram sistem pengereman otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16 menggunakan logika *fuzzy*.

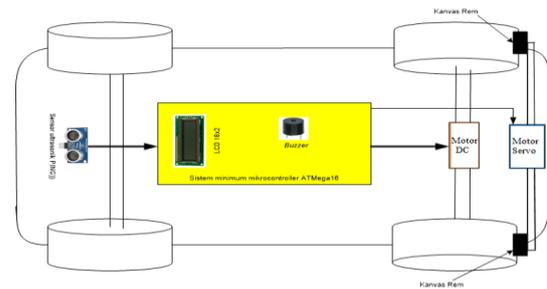
#### 1. Masukan (*Input*)

Pada bagian masukan (*input*) terdapat perangkat yang memiliki fungsi sebagai pemberi masukan kepada mikrokontroler sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu sensor ultrasonik PING. Sensor ini adalah jenis sensor jarak yang beroperasi dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik. Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi adanya mobil lain atau objek yang menghalangi di depan mobil.

#### 2. Proses (*Process*)

Mikrokontroler AVR ATmega16 digunakan sebagai perangkat kontrol utama perancangan pengereman otomatis pada penelitian ini. Setiap nilai masukan (*input*) akan diproses oleh mikrokontroler dan akan dieksekusi oleh perangkat output sesuai dengan perintah

program yang diatur oleh perancang sesuai dengan **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Perancangan Mekanik pada Mobil

#### 3. Nilai Keluaran (*Output Value*)

Bagian keluaran merupakan bagian yang menjalankan perintah sebagai hasil pengolahan nilai masukan. Bagian ini bertindak sebagai hasil dari kinerja perangkat sesuai dengan keinginan perancang. Terdapat tiga jenis perangkat keluaran yang digunakan dalam perancangan pengereman otomatis pada penelitian ini, diantaranya:

##### 1. *Motor DC* (Penggerak Roda Mobil)

*Motor DC* ini berperan sebagai aktuator/penggerak pada mobil, *motor DC* dikendalikan kecepatan dan arahnya melalui IC L298 dan eksekusi program pada mikrokontroler ATmega16 mempunyai peran sebagai bagian untuk pengaturan IC L298 sebagai driver motor.

##### 2. *LCD 16x2*

*LCD 16x2* ini bertindak sebagai indikator kecepatan dan jarak antara mobil dengan objek yang menghalangi di depannya dan pengaturan melalui eksekusi program pada mikro ATmega16.

##### 3. *Buzzer*

*Buzzer* disini bertindak sebagai alarm pengingat ketika jarak mobil dengan rintangan di depannya sudah mencapai jarak minum dan secara otomatis akan melakukan pengereman.

##### 4. *Motor DC Gear Box* (Pengereman Roda Mobil)

*Motor DC* disini bertindak sebagai pengontrolan rem untuk secara mekanis, motor akan melakukan pengereman ketika ada inputan dari proses dari mikrokontroler.

Pengontrol menentukan apakah sinyal deteksi lebih besar dari besaran yang ditentukan sebelumnya, menyatakan bahwa kendaraan yang mendekat berada dalam jarak yang telah ditentukan sebelumnya dan/atau sedang mempercepat menuju atau mendekati kendaraan target. Setelah menerima sinyal *error*, pengontrol

memperingatkan operator kendaraan yang mendekat oleh sinyal peringatan dan sinyal rem diterapkan secara otomatis dengan menghentikan motor, yang berjalan dalam kondisi normal [6].

**B. Perancangan Mekanik Pada Mobil**

Dalam proses perancangan ini, pengereman mobil otomatis pada penelitian ini akan dirancang memiliki satu buah sensor ultrasonik PING yaitu satu sensor di bagian depan pada mobil. Pada bagian depan atas mobil terdapat Sistem Minimum ATmega16 lcd dan *buzzer*. Pada bagian belakang atas mobil terdapat *motor DC* untuk menengendalikan motor. Dan pada bagian samping mobil terdapat dua buah *motor DC* untuk pengereman dengan purwarupa seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Prototipe Mobil

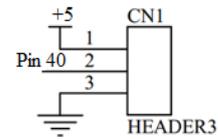
**C. Rangkaian Sistem Minimum Microcontroller AVR ATmega16**

Sistem minimum mikrokontroler ATmega16 adalah rangkaian yang dikhususkan untuk mengoperasikan IC (*Integrated Circuit*) mikrokontroler ATmega16. Mikrokontroler inilah yang akan digunakan sebagai bagian utama sistem kendali pada pengereman mobil otomatis. Mikrokontroler ATmega16 memiliki *Port I/O* yang difungsikan untuk menerima masukan (*Input*) dari sensor dan keluaran (*Output*) menuju *driver motor*.

**D. Rangkaian Sensor Ultrasonik PING**

Sensor jarak menggunakan ultrasonik PING adalah jenis sensor yang tersusun dari pemancar ultrasonik (*ultrasonic transmitter*) dan penerima ultrasonik (*ultrasonic receiver*) lihat **Gambar 5**. Sensor ini bekerja dengan cara menghitung pantulan gelombang yang dibangkitkan oleh pemancar kepada objek dan akan diterima oleh penerima ultrasonik. Ultrasonik PING ini memiliki jarak deteksi dari 3cm hingga 300cm. Hasil output dari sensor ultrasonik berupa sinyal

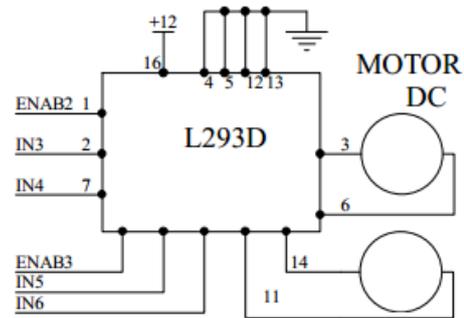
digital sehingga dapat langsung diproses oleh mikrokontroler.



Gambar 5. Rangkaian Ultrasonik

**E. Rangkaian Driver Motor (L293D)**

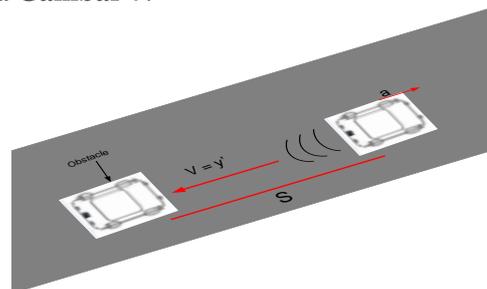
Untuk bagian ini, rangkaian *driver motor* menggunakan IC L293D dan didalamnya terdapat dua rangkaian *H-bridge* lihat **Gambar 6**. Komponen ini mempunyai kemampuan untuk mengendalikan dua unit *motor DC* hingga mencapai tegangan 36 VDC dengan arus sebesar 1,2A untuk semua kanal yang ada. IC L293N mempunyai spesifikasi pin *input* untuk mengatur dua *motor*.



Gambar 6. Rangkaian Driver Motor Menggunakan L298

**F. Gambaran Sistem**

Pada sistem ini, ketika mobil mendeteksi adanya objek yang menghalangi didepan mobil dengan menggunakan sensor ultrasonik, pada saat itu juga sensor akan aktif dan memberikan sinyal untuk diproses pada mikrokontroler dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy* mobil akan mendapatkan perhitungan yang presisi, pada saat yang bersamaan hasil yang telah ditentukan dari logika *fuzzy* akan diteruskan kembali oleh mikrokontroler untuk memberikan instruksi di bagian *motor DC* (kontrol pengereman) dan melaksanakan pengereman secara otomatis seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Proses Pengereman Otomatis

**G. Kontrol Logika Fuzzy**

Kontrol logika fuzzy pada perancangan ini menggunakan aturan *fuzzy* dua fungsi yang memiliki 4 rules. Pada aturan pengontrolan rem ini terdapat 2 masukan, yaitu *v* untuk kecepatan dari mobil dan *s* untuk jarak dari mobil. Untuk *parameter* pengontrolan rem berdasarkan nilai keluaran dimana terdapat satu nilai yaitu keluaran sebagai rem pada mobil. Setiap keluaran yang dihasilkan diproses oleh aturan yang sudah ditetapkan pada bagian sistem pengereman mobil. Untuk fungsi keanggotaan pada pengereman bisa dilihat pada **Tabel I**. Dan aturan *fuzzy inference system* pada pengaturan rem pada mobil akan dijelaskan pada **Tabel II**.

**Tabel I.** Fungsi Keanggotaan Pada Pengereman Mobil

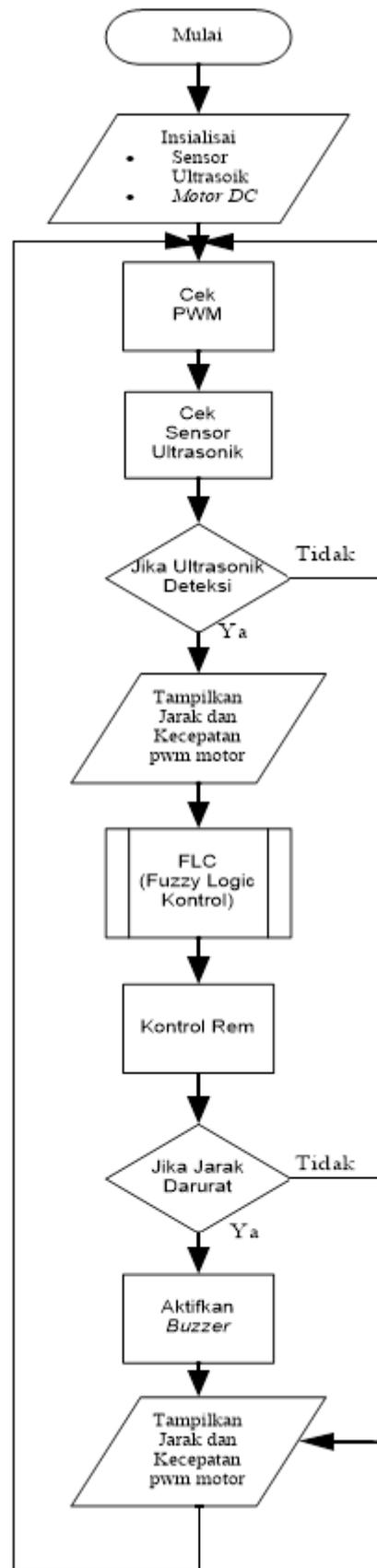
V (Kecepatan mobil)	S (Jarak Mobil)	a (Kekuatan rem)
Tinggi	Jauh	Rem penuh
Rendah	Dekat	Rem sedang
		Rem sedikit

**Tabel II.** Aturan Fuzzy Pada Pengereman Mobil

V / S	Dekat	Jauh
Tinggi	Rem penuh	Rem sedang
Rendah	Rem sedang	Rem sedikit

**H. Perancangan Perangkat Lunak**

Pada bagian ini dirancang perangkat sistem pengereman otomatis yang mempunyai tujuan untuk menetapkan semua alur eksekusi. Segala jenis masukan yang diterima kemudian diatur oleh perangkat lunak yang diproses untuk menetapkan eksekusi di bagian akhir/keluaran. Sensor ultrasonik PING, yang berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi adanya objek yang menghalangi didepan mobil. Jika sensor ultrasonik mendeteksi adanya objek yang menghalangi didepan maka jarak sensor dan kecepatan motor akan ditampilkan pada LCD 16x2 lalu sensor ultrasonik akan memberi sinyal untuk diproses oleh FLC (*Fuzzy Logic Control*). Setelah itu FLC akan memberikan data-data yang telah diproses untuk dilakukan pengontrolan rem, jika mikrokontroler menerima data jarak darurat pada mobil mikrokontroler akan memberikan perintah untuk menyalakan *buzzer* dan LCD akan kembali menampilkan jarak dan kecepatan pada mobil dengan real time dan ketika ada perintah pengereman dari hasil kontrol logika fuzzy. Semua perangkat keluaran tersebut akan bekerja dengan baik sesuai dengan instruktur program yang dibuat, sehingga dapat dianalisis. Berikut ini alur kerja (*flowchart*) dari sistem yang akan dirancang pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Flow Chart Sistem Pengereman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega16 Menggunakan Logika Fuzzy.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Pada bagian ini akan dijabarkan hasil dan diskusi dari sistem perangkat yang telah dibuat. Proses pengujian yang dilakukan meliputi 3 bagian. Ketiga bagian tersebut yaitu input, proses dan output. Pengujian tersebut dilakukan agar dapat mengetahui hasil dari setiap sistem dan perangkat yang sudah dirancang. Dengan tujuan sistem dan perangkat yang telah dibuat dapat berjalan sesuai rancangan.

#### A. Pengujian Sensor Jarak

Sensor ultrasonik melakukan proses kerja didasarkan pada perbandingan dari waktu yang tercatat saat sebelum dan sesudah gelombang tadi dipancarkan. Semakin bertambah waktu pantulan maka akan semakin bertambah jauh posisi benda dan posisi waktu pantulan semakin berkurang, maka posisi benda semakin dekat. Sensor ultrasonik beroperasi untuk memancarkan ultrasonic gelombang melalui media seperti udara. Transduser umumnya menciptakan getaran ultrasonik dengan menggunakan bahan *piezoelectric* seperti bentuk kristal atau polimer keramik tertentu [7]. Data dari hasil observasi disertakan pada **Tabel III**.

**Tabel III.** Hasil Pengukuran Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik Pada Bidang Datar

Jarak yang diukur secara manual	Jarak yang terukur oleh sensor
3cm	3cm
50cm	50cm
92cm	92cm
98cm	98cm
102cm	102.2cm
155cm	155.7cm
200cm	200.3cm
250cm	250.3cm
280cm	280.6cm
311cm	311.3cm

#### B. Pengujian Tampilan LCD dan *Pulse Width Modulation*

*Liquid Crystal Display* berupa bagian yang berfungsi untuk memberikan tampilan berupa jarak, kecepatan dan kekuatan rem pada mobil *prototype*. Tampilan untuk pengguna ini diletakan pada tengah mobil *prototype* sebagai pengganti speedometer seperti pada **Gambar 9**. Selanjutnya penulis menguji *Pulse Width Modulation*. Tujuan utama dari pengujian PWM dengan penggunaan sensor optocoupler adalah untuk mendapatkan

data kecepatan putaran dari setiap roda, data kecepatan putaran roda yang terdeteksi oleh *optocoupler* akan dikonversi menjadi satuan kecepatan centimeter per detik (cm/s). Data hasil observasi bisa dilihat pada **Tabel IV**. Dari hasil pengujian pada didapatkan nilai data secara *realtime* dengan sensor optocoupler, hasil percobaan menunjukkan motor akan berhenti pada PWM 10% dan bobot roda mobil yang berputar dilantai mempengaruhi lambatnya kecepatan yang diperoleh.



**Gambar 9.** Hasil Pengujian Tampilan LCD

**Tabel IV.** Hasil Pengukuran Kecepatan Menggunakan Sensor *Optocoupler*

Kecepatan PWM (%)	Kecepatan yang terukur oleh optocoupler (cm/s)
10	0
20	245.5
30	250.2
40	262.6
50	282.5
60	300.3
70	323.2
80	353.2
90	354.7
100	471.0

#### C. Pengujian Motor Servo

*DC Servo Motor* menjadi perangkat penting dalam berbagai aplikasi industri yang membutuhkan dinamika tinggi pada kontrol posisi seperti mesin yang dikontrol secara numerik, robotika, otomatisasi, dan mekanisme lain tempat fungsi mulai dan berhenti berada dengan cepat dan akurat [8]. Tujuan dari pengujian *Motor Servo* adalah untuk mendapatkan aktuator yang berfungsi untuk mengendalikan pengereman pada mobil *prototype* agar berfungsi dengan baik. *Motor Servo* yang digunakan dalam sistem otomatisasi pengereman pada mobil yang didasari dengan mikrokontroler menggunakan logika *fuzzy* adalah *Motor Servo* jenis analog yang memiliki torsi 1,2 – 1,4 kg/cm dengan range sudut 0°- 180°. Berikut hasil observasi disertakan pada **Tabel V**.

Tabel V. Pengujian Motor Servo

Pulsa Servo	Putaran Motor Servo	Kekuatan Rem
3ms	 70°	Rem Sedikit - 20%
2ms	 90°	Rem Sedang - 50%
2ms Setelah 90°	 130°	Rem Penuh - 100%

**D. Analisis Kinerja Perangkat Secara Keseluruhan**

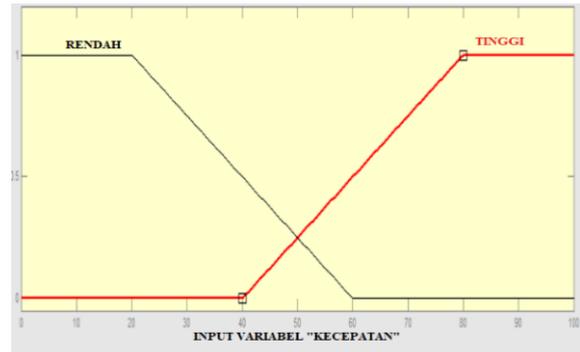
Pengujian keseluruhan dilakukan dengan mencoba keseluruhan rangkaian yang sudah terpasang pada mobil *prototype*. Setelah rangkaian terpasang, kemudian sistem rangkaian di hidupkan. Selanjutnya adalah dengan mencoba menjalankan mobil *prototype* dengan berjalan bebas. Setelah itu dicoba dengan memberikan sejumlah objek yang menghalangi yang terdapat didepan mobil *prototype*. Adapun hasil pengujian sistem otomatis pengaturan rem untuk bagian ini didasari dengan penerapan *logic fuzzy* pada *mikrokontroler* seperti yang dicantumkan pada **Tabel VI**.

Tabel VI. Pengujian Keseluruhan

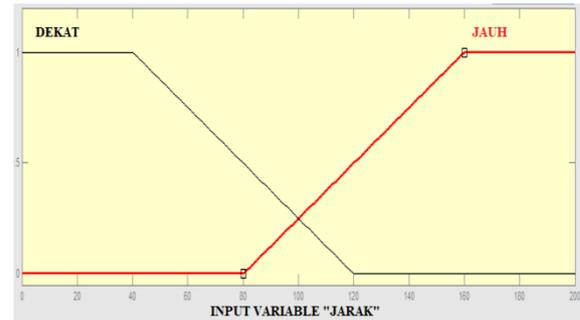
Kondisi Sensor Jarak	Kondisi Motor DC	Putaran Motor Servo (REM)	Buzzer	LCD
Deteksi jarak aman > 100 cm	High	70° rem sedikit	Tidak aktif	Ok
Deteksi jarak tidak aman < 100 cm	High	90° rem sedang	Tidak aktif	Ok
Deteksi jarak darurat < 50 cm	Low	130° rem penuh	Aktif	Ok

**E. Analisis Keluaran Rem Pada Kontrol Logika Fuzzy**

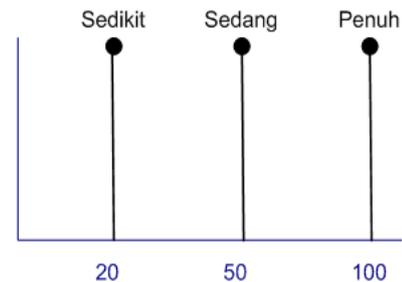
Pengamatan dari nilai keluaran kontrol logika *fuzzy* bertujuan untuk memperoleh pengereman yang serasi dengan harapan. Pengamatan dilaksanakan dengan memberikan nilai masukan jarak pada **Gambar 10**. Pengukuran jarak suatu benda di depan atau di samping entitas bergerak diperlukan dalam sejumlah besar perangkat. Perangkat ini mungkin kecil atau besar dan juga cukup sederhana atau rumit [9]. Keluaran pada rem dengan logika *fuzzy* bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan. Pengamatan dilakukan dengan memberikan nilai masukan kecepatan pada **Gambar 11**. Fungsi dari keanggotaan rem bisa dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 10. Fungsi Keanggotaan Kecepatan



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan Jarak



Gambar 12. Fungsi Keanggotaan Rem

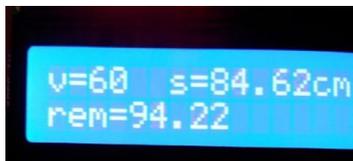
Setelah jarak ke rintangan diperoleh dengan menggunakan sensor ultrasonik, fuzzifikasi dilakukan untuk mengubah nilai-nilai tajam ini menjadi tingkat kepemilikan. Langkah fuzzifikasi adalah serangkaian tiga rutinitas termasuk '*mamad (unsigned char val)*', '*mmed (unsigned char val)*' dan '*mfar (unsigned char val)*' yang ditentukan untuk tiga interval yang menghasilkan pemetaan dua nilai sensor garing dalam enam tingkat keanggotaan yaitu '*lsnear*', '*lsmmed*', '*lsfar*', '*rsnear*', '*rsmmed*' dan '*rsfar*'. Setelah tahap fuzzifikasi, aturan dievaluasi secara berurutan. Untuk pelaksanaan setiap aturan, tingkat kebebasan aturan tersebut pertama kali ditentukan dengan menggunakan rutin "*min (lsmem, rsmem)*" di mana argumennya adalah tingkat keanggotaan nilai sensor untuk set *fuzzy* tertentu yang ditetapkan untuk aturan itu [10]. Dan aturan *fuzzy* untuk pengereman mobil bisa dilihat pada **Tabel VII**.

Tabel VII. Aturan Fuzzy Pada Pengereman Mobil

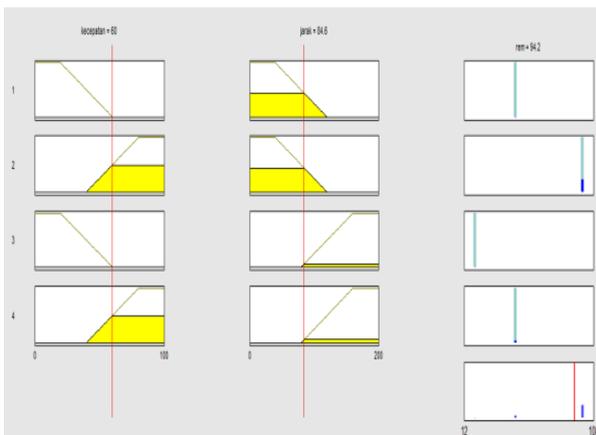
S \ V	Rendah	Tinggi
Dekat	Sedang	Penuh
Jauh	Sedikit	Sedang

Untuk mendapatkan setiap nilai keluaran pada Tabel VII, maka harus menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan. Yang pertama dilakukan yaitu menentukan nilai jarak pada mobil dan nilai kecepatan untuk setiap masukan. Berikut satu contoh untuk mendapatkan nilai keluaran pada pengereman.

Jika kecepatan tinggi ( $v= 60$ ) dan jarak dekat ( $s= 84.62$  cm) maka rem penuh (94.22%). Bisa dilihat pada Gambar 13 dan Grafik dari perhitungan kontrol logika fuzzy dengan Matlab bisa dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Hasil Percobaan Pada Prototype



Gambar 14. Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

Dengan hasil perhitungan secara manual didapat hasil sebagai berikut:

Kecepatan= 60, Jarak= 84.62 cm

$$\mu_{tinggi} = (60; 40, 80, 110, 120) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{60-40}{80-40}, 1, \frac{120-60}{120-110} \right), 0 \right) = 0.5$$

$$\mu_{rendah} = (60; -2, -1, 20, 60) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{60-(-2)}{(-1)-(-2)}, 1, \frac{60-60}{60-20} \right), 0 \right) = 0$$

$$\mu_{jauh} = (84.6; 80, 160, 210, 220) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{84.6-80}{160-80}, 1, \frac{220-84.6}{220-210} \right), 0 \right) = 0.057$$

$$\mu_{dekat} = (84.6; -20, 0, 40, 120) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) =$$

$$\max \left( \min \left( \frac{84.6-(-20)}{0-(-20)}, 1, \frac{120-84.6}{120-40} \right), 0 \right) = 0.442$$

$$W1 = \min (\mu_{rendah}, \mu_{dekat}) = \min (0, 0.442) = 0$$

$$W2 = \min (\mu_{tinggi}, \mu_{dekat}) = \min (0.5, 0.442) = 0.442$$

$$W3 = \min (\mu_{rendah}, \mu_{jauh}) = \min (0, 0.057) = 0$$

$$W4 = \min (\mu_{tinggi}, \mu_{jauh}) = \min (0.5, 0.057) = 0.057$$

Centroid of Area

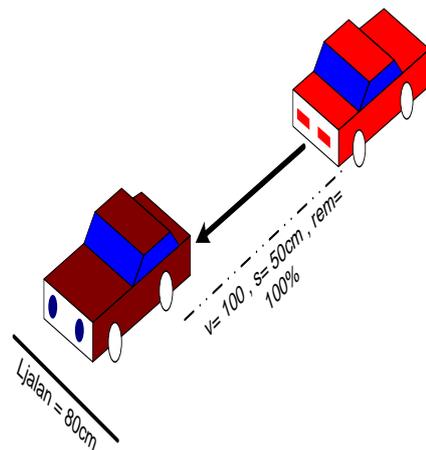
$$Z = \frac{W1Z1+W2Z2+W3Z3+W4Z4}{W1+W2+W3+W4}$$

$$= \frac{0 \times 50 + 0.442 \times 100 + 0 \times 20 + 0.057 \times 50}{0 + 0.442 + 0 + 0.057} = \frac{47.05}{0.499} = 94.2 \%$$

Hasil analisis pada kontrol logika fuzzy baik secara perhitungan matematis maupun dengan matlab didapat hasil yang presisi dengan hasil pada mobil prototype. Hal ini membuktikan metode logika fuzzy berhasil diterapkan pada mobil prototype.

### F. Analisis Skenario Pengujian

Setelah mendapatkan hasil analisis dari pengujian keseluruhan maka selanjutnya mobil prototype akan diuji. Pengujian dilakukan sesuai dengan skenario pengujian yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian ini bertujuan agar simulasi mobil prototype mendapatkan hasil yang baik di berbagai macam halangan seperti Gambar 15.



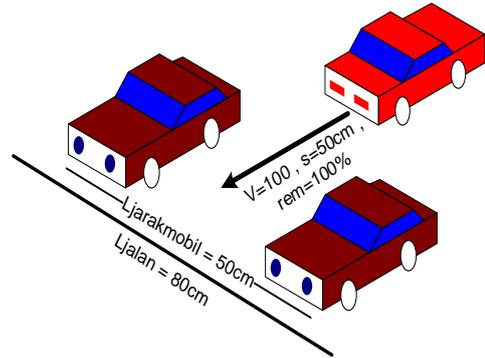
Gambar 15. Skenario 1

Hasil dari simulasi skenario 1 secara nyata bisa dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Simulasi Skenario 1 Pada Prototype

Skenario simulasi berikutnya dilakukan dengan satu objek yang menghalangi dimana mobil (a) sedang berhenti dan mobil (b) yang telah terintegrasi dengan pengereman otomatis melaju dengan kecepatan 100%, pada jarak 50cm mobil (b) akan melakukan pengereman 100%. Mobil akan berhenti total berjarak  $\pm 5-10$  cm dengan objek yang menghalangi didepannya. Berikut adalah proses simulasi pada kondisi yang berbeda seperti pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Skenario 2

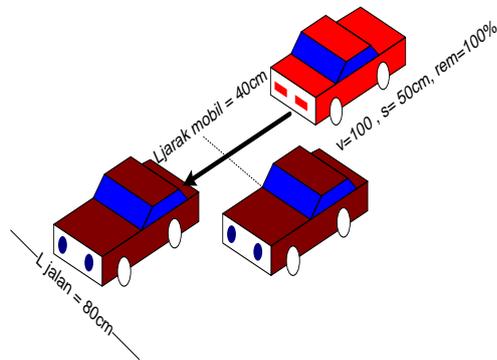
Hasil dari simulasi dengan menggunakan kondisi 2 bisa dilihat pada **Gambar 18**.



Gambar 18. Hasil Simulasi Skenario 1 Pada Prototype

Skenario selanjutnya dilakukan dengan dua objek yang menghalangi dimana mobil (a) dan (b)

sedang berhenti dan mobil (c) yang telah terintegrasi dengan pengereman otomatis dapat melaju diantara mobil karena tidak terdeteksi adanya jarak untuk pengereman. Berikut adalah proses simulasi pada kondisi yang berbeda seperti pada **Gambar 19**.



**Gambar 19.** Skenario 3

Hasil dari simulasi dengan menggunakan skenario 2 bisa dilihat pada **Gambar 20**.

Pada skenario selanjutnya simulasi dilakukan dengan dua objek yang menghalangi dimana mobil (a) berada didepan mobil (c) sedangkan mobil (b) berada disebelah kiri, mobil (c) yang telah terintegrasi dengan pengereman otomatis melaju dengan kecepatan 100% pada jarak 50cm mobil (c) akan melakukan pengereman 100%. Mobil akan berhenti total berjarak  $\pm 5-10$  cm dengan objek yang menghalangi didepannya. Penempatan sensor pun harus diperhatikan agar sensor mendapatkan hasil jarak yang presisi.

Dari hasil pengujian perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) juga dari pengukuran yang telah dilakukan, nilai yang diperoleh telah serasi dengan apa yang dirancang dalam penelitian ini. Dimana, perangkat masukan (*input*) didapatkan sensor ultrasonik PING yang berfungsi sebagai pendeteksi adanya objek yang menghalangi didepan mobil. Semua perangkat masukan tersebut mampu bekerja dengan optimal serta dapat memberikan nilai *input* pada mikrokontroler agar dapat diolah. Perangkat ini (mikrokontroler AVR ATmega 16) bekerja dengan baik. Dimana ketika diberi perintah program untuk melakukan pembacaan setiap masukan dari perangkat masukan, mikrokontroler akan melakukan perintah tersebut terhadap perangkat keluaran sejalan dengan perintah dari program perancangan diawal penelitian.

Pada bagian perangkat keluaran (*output*) terdapat *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 dengan fungsi sebagai penampil jarak, kecepatan motor dan

presentase kekuatan pengereman. Terdapat *motor DC* yang berfungsi sebagai penggerak roda pada mobil *prototype*. Terdapat *buzzer* yang bertugas untuk memberikan peringatan dalam bentuk suara pada saat mobil *prototype* dalam keadaan jarak darurat. Terdapat *motor servo* yang berfungsi sebagai pengereman pada mobil *prototype*, *motor servo* yang akan bekerja secara otomatis ketika ada perintah pengereman dari hasil kontrol logika *fuzzy*. Keseluruhan perangkat keluaran yang telah disebutkan berfungsi dengan baik sesuai dengan perintah program yang ditetapkan. Sehingga proses analisis dapat dilakukan dan menyatakan bahwa nilai kerja dari semua perangkat secara keseluruhan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya masing-masing (baik dari sisi perangkat masukan, pemrosesan dan keluaran).



**Gambar 20.** Hasil Simulasi Skenario 2 Pada Prototype

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dari perancangan, simulasi, pengujian serta analisis data dari sistem otomatisasi pengaturan rem pada mobil berbasis mikrokontroler dengan menggunakan logika *fuzzy*, dapat disimpulkan beberapa hal yang berhubungan dengan hasil analisis yang mengarah pada tujuan awal dari perancangan dan pembuatan sistem otomatisasi pengaturan rem pada mobil berbasis mikrokontroler dengan penerapan logika *fuzzy* ini. Yang pertama adalah hasil dari fungsi keanggotaan jarak dapat dijabarkan bahwa jarak dekat bernilai antara 0-40cm dan jarak jauh bernilai antara 160-300cm. Fungsi keanggotaan kecepatan dapat dijabarkan bahwa kecepatan rendah bernilai antara 0-245 cm/s dan kecepatan tinggi bernilai antara 353-471cm/s. Dan fungsi keanggotaan rem dapat dijabarkan bahwa rem sedikit bernilai 20-45%, rem sedang bernilai antara 50-75% dan rem penuh bernilai antara 80-100%. Yang kedua adalah pada hasil pengujian skenario didapat mobil *prototype* mampu dioperasikan diantara mobil/objek yang menghalangi) lain dengan lebar 50 cm dan akan berhenti total pada saat mobil *prototype* berada pada jarak  $\pm$  5-10 cm dengan objek yang menghalangi didepannya. Yang ketiga adalah sistem keseluruhan pada mobil *prototype* ini sudah berjalan sesuai yang diharapkan, dari mulai pembacaan masukan/*input* dari sensor, pemrosesan yang olah oleh mikrokontroler hingga keluaran/*output* yang mengesekusi hasil akhir kerja dari sistem ini. Dan yang terakhir adalah penerapan metode logika *fuzzy* untuk sebuah pengereman secara otomatis berhasil diterapkan pada mobil *prototype* dalam penelitian ini. Terdapat kekurangan dari alat sistem yang dirancang ini, yaitu *range*/jarak yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik PING terlalu pendek dan belum memungkinkan untuk diaplikasikan pada mobil sebenarnya. Untuk pengembangan dan peningkatan lebih lanjut dari sistem otomatisasi pengaturan rem pada mobil berbasis mikrokontroler menggunakan logika *fuzzy* ini ada beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam perancangannya. Yang pertama adalah dimensi pada *prototype* dapat diperbesar sehingga simulasi yang dilakukan akan memberikan hasil yang mendekati kondisi mobil yang sebenarnya. Yang kedua adalah penggunaan jenis sensor jarak yang mempunyai jarak pengamatan lebih jauh dan mempunyai sensitivitas yang lebih baik. Yang ketiga adalah hasil dari keluaran tidak hanya diaplikasikan pada rem, tetapi juga pada bagian

kemampuan bermanuver mobil. Hal ini bertujuan agar mobil bisa menghindari objek yang menghalangi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. N. V. A. Reddy, "Fuzzy Logic Inference System to Control Speed and Direction of a Vehicle," *Int.J. Computer Technology & Application*, vol. 4, no. 6, pp. 996-100, 2013.
- [2] T. X. Chen, Z. R. Zhuang, R. C. Lo, and Y. M. Hong, "Outdoor vision-based obstacle avoidance for autonomous land vehicle using fuzzy logic," *Proc. 2011 Int. Conf. Syst. Sci. Eng. ICSSE 2011*, no. June, pp. 326-331, 2011.
- [3] A. U. Rehman, Z. Mushtaq, and M. A. Qamar, "Fuzzy logic based automatic vehicle collision prevention system," *Proc. - 2015 IEEE Conf. Syst. Process Control. ICSPC 2015*, no. December, pp. 55-60, 2016.
- [4] G. Koli, A. Patil, P. Patil, S. Sokashe, A. Professor, and U. Scholar, "Intelligent Braking System using the IR Sensor," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 26-30, 2017.
- [5] G. V. Sairam, B. Suresh, C. H. Sai Hemanth and K. Krishna Sai, "Intelligent mechatronic braking system," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 3, pp. 100-105, 2013.
- [6] R. R. T. HEMALATHA B K, P POOJA, CHAITHRA M , MEGHA S, "Automatic Braking System for Automobiles Using IR Sensor," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 5, no. 5, pp. 4342-4348, 2016.
- [7] V. Deshmukh and P. Kshirsagar, "Intelligent Vehicle Navigation using Fuzzy Logic," *National Conference on Innovative Paradigms in Engineering & Technology. Proceedings published by International Journal of Computer Applications® (IJCA)*, pp. 13-16, 2013.
- [8] A. K. Shrivastava, A. Verma, and S. P. Singh, "Distance Measurement of an Object or Obstacle," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol. 2, No. 1, pp. 64-68, 2010.
- [9] A. M. A. Haidar, C. Benachaiba, and M. Zahir, "Software interfacing of servo motor with microcontroller," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol. 9, No. 1, pp. 84-99, 2013.
- [10] U. Farooq, M. U. Asad, M. Amar, A. Hanif, and S. O. Saleh, "Fuzzy Logic Based Real Time Obstacle Avoidance Controller for a Simplified Model of Hexapod Walking Robot," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 137-121, 2014.