

***PROTOTYPE* SISTEM PENEREMAN OTOMATIS PADA MOBIL RC
DENGAN SISTEM KENDALI *FUZZY LOGIC* BERBASIS ARDUINO
MEGA 2560**

(Skripsi)

Oleh

RAHMAD ROMADONA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

***PROTOTYPE* SISTEM PENEREMAN OTOMATIS PADA MOBIL RC DENGAN SISTEM KENDALI *FUZZY LOGIC* BERBASIS ARDUINO MEGA 2560**

Oleh:

RAHMAD ROMADONA

Berbagai teknologi pada bidang transportasi diciptakan agar dapat membantu pekerjaan manusia agar lebih cepat dan mudah. Saat ini penyebab dari kecelakaan lalu lintas pada transportasi biasanya disebabkan oleh kelalaian pengemudi saat mengendarai mobil, ketika terdapat halangan di depannya ataupun saat kondisi jalan licin dalam kondisi basah, sehingga pengemudi tidak sempat menginjak tuas rem atau pengemudi menginjak tuas rem terlalu kencang dan mengakibatkan terjadinya slip pada ban mobil. Maka dilakukan penelitian untuk merancang suatu sistem yang dapat melakukan pengereman secara otomatis pada kondisi jalan basah atau kering.

Pada *prototype* sistem pengereman otomatis dengan sistem *fuzzy logic* ini bekerja dengan membedakan kondisi jalan terlebih dahulu. Setelah itu sistem akan memproses dua buah masukan yaitu kecepatan mobil dan jarak mobil terhadap halangan yang berada di depannya yang berperan dalam menentukan keluaran, berupa nilai presentase rem pada *prototype*. Jumlah *rule* yang digunakan pada sistem ini berjumlah 16 *rule* kondisi kering dan 16 *rule* kondisi basah. Perancangan sistem pengereman otomatis ini dibuat dalam bentuk *prototype* mobil RC dengan menggunakan arduino Mega 2560 sebagai pemroses. Sistem yang dibuat mampu melakukan pengereman pada saat *prototype* melaju dengan kecepatan rendah, kecepatan sedang, maupun dengan kecepatan tinggi dengan rentang jarak berhenti dari 2-10cm dari halangan didepan *prototype*.

Kata kunci: *Fuzzy Logic*, Sistem pengereman otomatis, Mobil RC, Arduino Mega 2560, *Prototype*

ABSTRACT

AUTOMATIC BRAKING SYSTEM PROTOTYPE ON RC CARS WITH FUZZY LOGIC CONTROL SYSTEM BASED ON ARDUINO MEGA 2560

By:

RAHMAD ROMADONA

Various technologies in the transportation sector are made in order to help human work faster and easier. Currently the cause of traffic accidents in transportation is usually caused by the negligence of the driver when driving a car, when there is an obstacle or when the track is slippery in wet conditions, so that the driver does not have time to step on the brake or the driver steps on the brake too tightly and causes a slip on the car tire. So research is done to design a system that can automatically brake on wet or dry road conditions.

In the prototype of the automatic braking system with this fuzzy logic system, it works by distinguishing the road conditions first. After that the system will process two inputs, that is the speed of the car and the distance of the car to the obstacles in front of it which determining the output, namely the percentage value of the brakes on the prototype. The number of rules used in this system is 16 rules for dry conditions and 16 rules for wet conditions. The design of this automatic braking system is made in the form of an RC car prototype using Arduino Mega 2560 as a processor. The system made is capable of braking when the prototype is go with low speed, medium speed, or at high speed with a stopping distance range of 2-10cm from the obstacle in front of the prototype.

Keywords: Fuzzy Logic, Automatic Braking System, RC Car, Arduino Mega 2560, Prototype

**PROTOTYPE SISTEM PENEREMAN OTOMATIS PADA MOBIL RC
DENGAN SISTEM KENDALI *FUZZY LOGIC* BERBASIS ARDUINO
MEGA 2560**

Oleh

RAHMAD ROMADONA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2021

Judul Skripsi : **PROTOTYPE SISTEM PENEREMAN
OTOMATIS PADA MOBIL RC DENGAN
SISTEM KENDALI FUZZY LOGIC
BERBASIS ARDUINO MEGA 2560**

Nama Mahasiswa : **Rahmad Romadona**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615031066

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Sumadi, S.T., M.T.
NIP 19731104 200003 1 001



Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.
NIP 19600614 199402 1 001

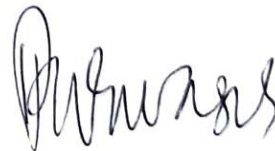
2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro



Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D.Eng.
NIP 19700719 200012 1 001

Ketua Program Studi
Teknik Elektro

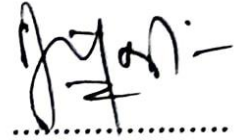


Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

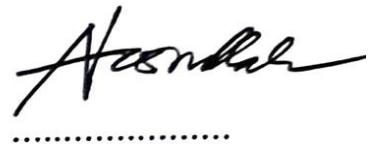
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Sumadi, S.T., M.T.**


.....

Sekretaris : **Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.**


.....

Penguji : **Herlinawati, S.T., M.T.**


.....

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Drs. Ir. Suharno, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Oktober 2021**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PROTOTYPE SISTEM PENEREMAN OTOMATIS PADA MOBIL RC DENGAN SISTEM KENDALI FUZZY LOGIC BERBASIS ARDUINO MEGA 2560”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 November 2021



Rahmad Romadona
NPM. 1615031066

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Punggur pada tanggal 24 Januari 1998, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan bapak Kelana Insan Tavip dan ibu Yaumil Fitri. Riwayat pendidikan penulis, yaitu Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Kartika II-5 Bandar Lampung pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri 25 Bandar Lampung pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di YP Unila tahun 2015.

Tahun 2016, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Departemen Sosial Dan Wirausaha pada periode 2017 dan sebagai anggota Departemen Komunikasi dan Informasi pada periode 2018. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktik di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET-LIPI) Bandung pada tahun 2019 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Mutar Alam, Kecamatan Way Tenong, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung pada tahun 2019.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Atas Izin Allah yang Maha Kuasa

KUPERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK

Ayah dan Ibu Tercinta

Ir.Kelana Insan T. dan Yaumul Fitri, S.Pd

Keluarga Besar, Dosen, Teman, dan Almamater



MOTTO

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنفُسِهِمْ

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”

(Q.S. Ar-Ra'd : 11)

“Kalau Orang lain Bisa, Saya Juga Bisa.”

(Rahmad Romadona)

SANWACANA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah تعالى و سبحانه atas segala karunia, rahmat, inayah, dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Rasul Muhammad ﷺ yang selalu kita nantikan syafaatnya di hari akhir nanti.

Skripsi dengan judul "**PROTOTYPE SISTEM PENEREMAN OTOMATIS PADA MOBIL RC DENGAN SISTEM KENDALI FUZZY LOGIC BERBASIS ARDUINO MEGA 2560**" merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis sangat menyadari Skripsi ini tidak mungkin selesai tanpa adanya dukungan baik materi, moril, motivasi, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Bapak Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan selaku Pembimbing

Akademik Penulis yang memberikan masukan, saran, nasehat dan dukungan selama masa studi berlangsung.

5. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Bapak Sumadi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan koreksi sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
7. Bapak Emir Nasrullah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan solusi, saran, arahan dan koreksi sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
8. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama atas kesediannya untuk memberikan kritik dan saran guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, motivasi, dan pengalaman selama menempuh pendidikan perkuliahan.
10. Seluruh Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
11. Kedua Orang Tua saya, Mamah, dan Papah yang telah membesarkan, merawat, mendidik, mendoakan, serta memberikan semangat dan kasih sayang terbesar tanpa henti hingga akhir masa dan selalu menantiku dalam perjuanganku.
12. Nur Baiti yang telah memberikan dukungan, cerita, suka, duka, dan membantu saya dengan baik dan penuh perhatian.

13. Keluarga TBS bukan BTS, Ipoen, Reza, Willy, Blacky, Tio, Garbiel, dan ocid yang tidak membantu apa apa di alat saya ini.
14. Rizky Meidianto, M. Abdul Hafizh, Bima Priangga Ambada, Y. Adi Setiawan, Airlangga Pamungkas, selaku sahabat penulis yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, bantuan, dukungan, dan do'a terbaik.
15. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro 2016, terimakasih atas semangat dan kebersamaannya selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu Terimakasih atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Semoga atas bantuan dengan ketulusan hati yang telah diberikan oleh semua pihak dibalas oleh Allah Subhanahu wataála dan semoga langkah kita selalu dalam lindungan-Nya.

Bandar Lampung, 29 November 2021

Penulis

Rahmad Romadona

DAFTAR ISI

Abstrak	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Hipotesis	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Logika <i>Fuzzy</i>	6
2.2.1. Himpunan <i>Fuzzy</i>	7
2.2.2. Fungsi Keanggotaan (<i>Membership Function</i>).....	8
2.2.3. Operator Dasar <i>Fuzzy</i>	10
2.2.4. Tahapan Membangun Sistem <i>Fuzzy</i>	11
2.2.5. <i>Fuzzy Inference System</i>	12
2.3. Sensor Ultrasonik (SR-04)	13
2.4. Motor DC.....	14
2.5. Motor Servo MG996R.....	15
2.6. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) 16x2.....	16
2.7. I2C (Inter-Integrated Circuit)	16
2.8. Sensor hujan FC-37	17
2.9. Arduino Mega 2560.....	18
2.10. <i>Rotary Encoder</i>	20
2.11. MATLAB	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22

3.1.	Alat dan Bahan	22
3.1.1.	Masukan (<i>input</i>)	22
3.1.2.	Pemroses (<i>Process</i>)	23
3.1.3.	Keluaran (<i>Output</i>)	23
3.2.	Metode yang Diusulkan.....	24
3.3.	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.4.	Fungsi Keanggotaan Masukan dan Keluaran	26
3.5.	<i>Rule Fuzzy</i> Berdasarkan Kondisi Jalan.....	28
3.5.1.	<i>Rule Fuzzy</i> kondisi jalan basah	28
3.5.2.	<i>Rule Fuzzy</i> kondisi jalan kering	30
3.6.	Diagram Alir Sistem.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1.	Prototype sistem pengereman otomatis pada mobil RC.....	33
4.2.	Pengujian Komponen	35
4.2.1.	Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	35
4.2.2.	Pengujian Sensor <i>Rotary Encoder</i> Lm-393.....	36
4.2.3.	Sensor Hujan FC-37	37
4.2.4.	LCD 16x2.....	37
4.2.5.	Motor Servo MG996R	38
4.3.	Pengujian Sistem Pengereman	39
4.3.1.	Pengujian Program Pada Kecepatan Rendah Kondisi Kering	41
4.3.2.	Pengujian Program Pada Kecepatan Sedang Kondisi Kering.....	43
4.3.3.	Pengujian Program Pada Kecepatan Tinggi Kondisi Kering.....	45
4.3.4.	Pengujian Program Pada Kecepatan Rendah Kondisi Basah.....	47
4.3.5.	Pengujian Program Pada Kecepatan Sedang Kondisi Basah	49
4.3.6.	Pengujian Program Pada Kecepatan Tinggi Kondisi Basah	51
4.4.	Perbandingan Jarak Pengereman.....	53
4.4.1.	Perbandingan Jarak Pengereman Pada Kecepatan Rendah.....	53
4.4.2.	Perbandingan Jarak Pengereman Pada Kecepatan Sedang	54
4.4.3.	Perbandingan Jarak Pengereman Pada Kecepatan Tinggi	55
4.5.	Perbandingan Parameter Pada Kondisi Kering Dan Basah.....	56
BAB V PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2.	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar

2. 1. Representasi Kurva Segitiga	8
2. 2. Representasi Kurva Trapesium	9
2. 3. Proses Sistem Logika <i>Fuzzy</i>	11
2. 4. FIS Mamdani.....	13
2. 5. Sensor Ultrasonik (SR-04)	13
2. 6. Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	14
2. 7. Motor DC	14
2. 8. Motor Servo MG996R	15
2. 9. 16x2 LCD Module	16
2. 10. <i>Inter-Integrated Circuit</i>	17
2. 11. Sensor Hujan FC-37	17
2. 12. Papan mikrokontroler Arduino Mega 2560	19
2. 13. Cara Kerja <i>Rotary Encoder</i>	20
2. 14. Tampilan awal <i>software</i> matlab	21
3. 1. Blok Diagram Sistem Kendali	24
3. 2. Blok diagram penelitian	25
3. 3. <i>Membership Function</i> Jarak.....	26
3. 4. <i>Membership Function</i> Kecepatan	27
3. 5. <i>Membership Function</i> Persentase Rem.....	27
3. 6. Diagram Alir Sistem	32
4. 1. <i>Prototype</i> sistem pengereman otomatis pada mobil RC	33
4. 2. Motor servo dan Tuas Rem	34
4. 3. Pengujian Sensor Ultrasonik.....	35
4. 4. Pengujian Sensor Kecepatan.....	36
4. 5. Pengujian Sensor Hujan	37
4. 6. Pengujian LCD.....	38
4. 7. Pengujian Penentuan Sudut Motor Servo	38
4. 8. Posisi awal <i>prototype</i> mobil RC kondisi kering.....	39
4. 9. Hasil pengujian <i>prototype</i> mobil RC.....	40
4. 10. Hasil simulasi sistem <i>fuzzy logic</i> pada aplikasi <i>MATLAB</i>	40

4. 11. Grafik perbandingan pengujian dan simulasi kecepatan 20 m/mi	42
4. 12. Grafik perbandingan pengujian dan simulasi kecepatan 32 m/mi	44
4. 13. Grafik perbandingan pengujian dan simulasi kecepatan 50 m/mi	46
4. 14. Grafik perbandingan pengujian dan simulasi kecepatan 20m/min	48
4. 15. Grafik perbandingan pengujian dan simulasi kecepatan 32m/min	50
4. 16. Grafik perbandingan pengujian dan simulasi kecepatan 50 m/mi	52
4. 17. Grafik Perbandingan Jarak Pengereman Pada Kecepatan 20m/mi	53
4. 18. Grafik Perbandingan Jarak Pengereman Pada Kecepatan 32m/mi	54
4. 19. Grafik Perbandingan Jarak Pengereman Pada Kecepatan 50 m/m	55

DAFTAR TABEL

Tabel

2. 1. Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	18
3. 1. <i>Rule Fuzzy</i> Pada kondisi jalan basah.....	28
3. 2. <i>Rule Fuzzy</i> Pada kondisi jalan kering.....	30
4. 1. Perbandingan jarak sensor dan jarak sebenarnya.....	36
4. 2. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 20 m/min.....	39
4. 3. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 20 m/min.....	41
4. 4. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 32 m/min.....	43
4. 5. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 50 m/min.....	45
4. 6. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 20 m/min.....	47
4. 7. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 32 m/min.....	49
4. 8. Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Mobil Pada Kecepatan 32 m/min.....	51
4. 9. Perbandingan Parameter Pada Kondisi Kering Dan Basah.....	56

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi sekarang sangat memberi keuntungan dalam kebutuhan serta kepentingan manusia, khususnya pada bidang transportasi. Berbagai teknologi diciptakan agar dapat membantu pekerjaan manusia agar lebih cepat dan mudah. Saat ini penyebab dari kecelakaan lalu lintas pada transportasi biasanya disebabkan oleh kelalaian pengemudi saat mengendarai mobil. Ketika terdapat halangan di depannya ataupun saat kondisi jalan licin dalam kondisi basah. Pengemudi tidak sempat menginjak tuas rem. Pengemudi dapat juga menginjak tuas rem terlalu kencang dan mengakibatkan terjadinya slip pada ban mobil, terlebih lagi mobil tersebut melaju dengan kecepatan tinggi.

Sebelumnya telah ada penelitian mengenai sistem pengereman secara otomatis, namun pada sistem tersebut mobil tidak dapat membedakan kondisi jalan basah atau kering. Pada penelitian ini membahas hal serupa dengan judul "*Prototype Sistem Pengereman Otomatis Pada Mobil Rc dengan Sistem Kendali Fuzzy Logic Berbasis Arduino Mega 2560*". Perbedaan dengan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan sensor hujan, yang digunakan untuk membedakan kondisi jalan basah atau kering. Sensor tersebut digunakan agar *prototype* dapat menyesuaikan kekuatan dalam pengereman agar tidak terjadi slip pada ban saat kondisi jalan basah. Untuk variabel jarak *membership function* yang digunakan

ada empat, yaitu jarak sangat dekat, dekat, sedang, dan jarak jauh. Untuk variabel kecepatan *membership function* yang digunakan ada empat, yaitu kecepatan tinggi, kecepatan sedang, kecepatan rendah dan kecepatan sangat rendah. Sedangkan untuk persentase pengereman yang digunakan adalah empat parameter, yaitu tidak mengerem, pengereman sedikit, pengereman sedang dan pengereman penuh.

Dari permasalahan tersebut maka penelitian dilakukan untuk merancang suatu sistem yang dapat melakukan pengereman secara otomatis pada saat kondisi kondisi jalan basah agar tidak terjadi slip dan menyebabkan kecelakaan pada pengendara baik pada saat mobil melaju dengan kecepatan rendah, kecepatan sedang maupun kecepatan tinggi[1].

1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang *prototype* sistem pengereman otomatis pada mobil RC.
2. Bagaimana pengaruh kondisi jalan basah dan kering pada pengereman.

1.3.Batasan Masalah

1. Sistem ini hanya di implementasikan pada mobil RC.
2. Kecepatan serta jarak diatur dengan melihat ukuran mobil RC.
3. Metode pengendalian sistem hanya menggunakan *Fuzzy logic*.
4. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560.
5. Masukan logika *fuzzy* yaitu kecepatan mobil saat melaju dan jarak hambatan yang terdapat didepannya.
6. Penentu berjalannya sistem ini ialah kondisi jalan kering atau basah.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Dapat membuat sebuah *prototype* sistem pengereman otomatis pada mobil RC berbasis Arduino Mega 2560 dengan metode *Fuzzy Logic Control*.
2. Dapat membuat sebuah sistem pengereman otomatis pada mobil RC berdasarkan kondisi jalan basah dan kering.

1.5. Manfaat Penelitian

Menghasilkan *prototype* sistem pengereman otomatis pada mobil RC agar dapat diterapkan pada mobil konvensional sehingga dapat mengurangi kemungkinan kecelakaan saat berkendara.

1.6. Hipotesis

Sistem kendali *fuzzy logic* pada *prototype* mobil RC dirancang dengan memanfaatkan Arduino Mega 2560 untuk mengendalikan *input* berupa sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan didepan, sensor hujan untuk mendeteksi kondisi jalan, dan sensor *rotary encoder* untuk mendeteksi kecepatan, Sehingga mobil RC dapat mengerem sesuai dengan *rule* yang telah dibuat.

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I – PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir.

BAB II – TINJAUAN PUSTAKA

Penulis menjelaskan tinjauan pustaka secara teoritis mengenai landasan dalam penelitian ini dan berisi literatur penelitian terdahulu.

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

Memuat waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

BAB IV – PEMBAHASAN

Memuat perancangan dan analisis dari hasil pengujian.

BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran-saran mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian mengenai perancangan *prototype* sistem pengereman otomatis dengan sistem kendali *fuzzy logic*, diantaranya adalah:

“Sistem Pengereman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler” oleh Aris Munandar dan Muhammad Aria tahun 2016. Pada penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler Atmega 32 sebagai pemroses, dan *rule* yang digunakan adalah 28 *rule*. Sistem yang dibuat dapat melakukan pengereman saat mobil melaju dengan kecepatan rendah maupun melaju dengan kecepatan tinggi.

“*Hardware Simulation Of Automatic Braking System Based On Fuzzy Logic Control*” oleh Noor Cholis Basjaruddin Dkk tahun 2016. Pada penelitian ini digunakan dua buah sensor ultrasonik dan sebuah potensiometer yang digunakan mengukur jarak dan mengatur kecepatan sebagai *input*.

“*Design Car Braking System Using Mamdani Fuzzy Logic Control*” oleh illa Rizianiza dan Alfian jafar tahun 2017. Pada penelitian ini terdapat 25 *rule*. Terdapat dua *input* yaitu jarak kendaraan dan kecepatan kendaraan, masing-masing memiliki lima *membership function*. *Output* adalah kekuatan pengereman dan memiliki tiga *membership function*.

“*Prototype of Automatic Braking System on Car Model Using Fuzzy Logic*” oleh Alpent Nichola Duta Dewa, Oyas Wahyunggoro dan Prapto Nugroho tahun 2019. Pada penelitian ini terdapat tujuh *membership function* pada kecepatan dan empat *membership function* pada jarak. *Output* pada pengereman adalah kekuatan pengereman yang terdiri dari lima *membership function*.

“Otomatisasi Sistem Pengereman Mobil menggunakan Sensor Jarak” oleh Rodi hartono, Dkk tahun 2019. Pada penelitian ini terdapat dua *input* yaitu kecepatan dan jarak, masing-masing memiliki dua *membership function*. Pada *output* terdapat 3 *membership function*.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penambahan *event* yang digunakan yaitu kondisi jalan basah atau kering. Sensor yang digunakan untuk membedakan kondisi jalan yaitu sensor hujan FC-37, yang berguna mendeteksi cipratan air pada lintasan mobil RC. Penambahan *event* ini bertujuan agar *prototype* dapat menggunakan *rule* yang berbeda pada saat kondisi jalan basah atau kering. Penggunaan *rule* yang berbeda bertujuan agar *prototype* tidak terjadi slip saat mengerem pada kondisi jalan basah.

2.2. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan sebuah logika kabur, atau mengandung unsur yang bersifat ketidak pastian. Pada logika biasa, yaitu logika tegas, kita hanya mengenal dua nilai salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan pada logika *fuzzy* mengenal nilai antara benar dan salah. Kebenaran dalam logika *fuzzy* dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 sampai 1[2].

2.2.1. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan pada *fuzzy* ialah suatu kelompok yang mewakili keadaan tertentu dalam sebuah variable *fuzzy*, Terdapat 2 atribut pada himpunan *fuzzy*, diantaranya yaitu:

- a. Linguistik, merupakan penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan Bahasa alami, seperti muda, paruh baya dan tua.
- b. Numerik, merupakan suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti 10, 20, 30.

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami *fuzzy*, yaitu:

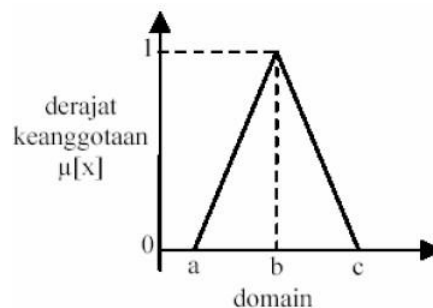
- a. Variabel *fuzzy*, merupakan variable yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, suhu, permintaan dan lain sebagainya.
- b. Semesta pembicaraan, merupakan keseluruhan nilai yang diperolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variable *fuzzy*. Semesta pembicara adalah himpunan bilangan *real* yang bertambah secara monoton dari kiri kekanan. Nilai semesta pembicara dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicara ini tidak dibatasi nilai atasnya.
- c. Domain himpunan *fuzzy*, merupakan keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun bilangan negatif.

2.2.2. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*)

Fungsi keanggotaan (*Membership Function*) merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1. Untuk mendapatkan nilai keanggotaan. Salah satunya yaitu dengan melalui pendekatan fungsi. Ada dua fungsi yang digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu:

2.2.2.1. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linear seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga adalah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk menentukan nilai minimum dan maximum fungsi keanggotaan pada representasi kurva segitiga, dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\mu(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

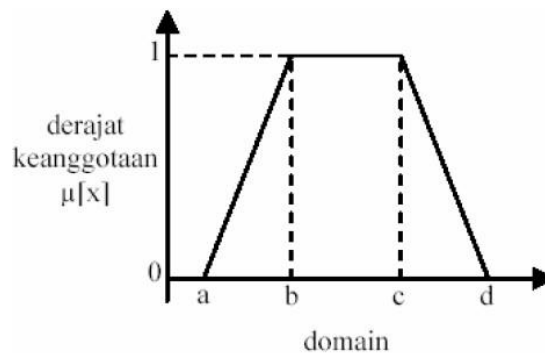
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

2.2.2.2. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium adalah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk menentukan nilai minimum dan maximum fungsi keanggotaan pada representasi kurva trapesium, dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\mu(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

2.2.3. Operator Dasar *Fuzzy*

Pada logika *fuzzy*, Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari dua operasi disebut α -predikat. Ada tiga operator dasar yaitu :

2.2.3.1. Operator *AND*

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. Hasil operasi dengan menggunakan operator *AND* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara dua himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \dots\dots\dots (2.5)$$

2.2.3.2. Operator *OR*

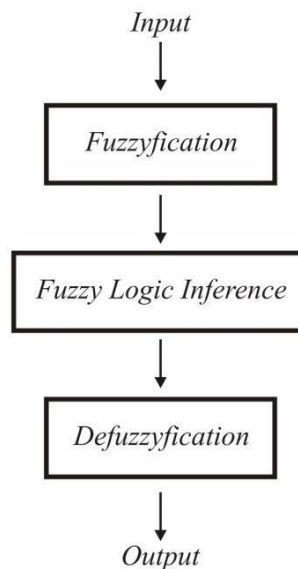
Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. Hasil operasi dengan menggunakan operator *OR* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antara dua himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)) \dots\dots\dots (2.6)$$

2.2.4. Tahapan Membangun Sistem Fuzzy

Pada tahap membangun sistem *fuzzy* tergantung pada metoda yang akan digunakan, karena banyak metoda untuk membangun sistem *fuzzy*. Secara garis besar dapat tahap membangun sistem *fuzzy* dilihat pada Gambar 2.3.

2.2.4.1. Fuzzyfication



Gambar 2. 3. Proses Sistem Logika Fuzzy

Proses *fuzzyfication* yaitu mengubah nilai suatu masukan menjadi suatu fungsi keanggotaan *fuzzy*. Pada proses ini *membership function* ditentukan. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna, artinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula.

2.2.4.2. Fuzzy Logic Inference

Ada beberapa proses pada *Fuzzy Logic Inference*, yaitu:

- Mengaplikasikan aturan (*Fuzzy Rule*) pada masukan *fuzzy* yang dihasilkan dalam proses *fuzzyfication*.
- Mengevaluasi tiap aturan dengan masukan yang dihasilkan dari proses *fuzzyfication* dengan mengevaluasi hubungan atau derajat keanggotaannya.

2.2.4.3. Defuzzification

Proses *defuzzification* merupakan perubahan kembali data-data *fuzzy* kembali ke dalam bentuk numerik yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian.

Proses *defuzzification* dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya:

- *Centroid of Area*

$$Z_{COA} = \frac{\int z \mu_A(z) dz}{\int \mu_A(z) dz} \dots\dots\dots (2.7)$$

- *Bisector of Area*

$$\int_{\alpha}^z \mu_A(z) dz = \int_z^{\beta} \mu_A(z) dz \dots\dots\dots (2.8)$$

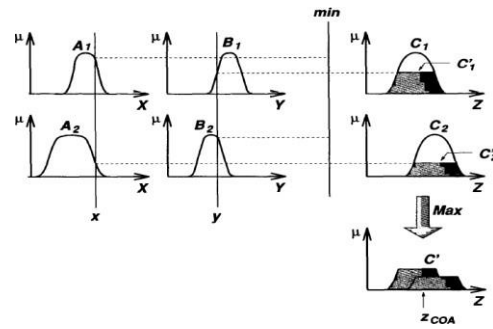
- *Mean of Maximum*

$$Z_{MOM} = \frac{\int z' z dz}{\int z' dz} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.2.5. Fuzzy Inference System

Sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System*) atau FIS, merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy*. Terdapat beberapa jenis FIS, salah satunya adalah mamdani.

FIS mamdani yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS mamdani. FIS tersebut bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistic dan memiliki algoritma *fuzzy* yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematika FIS mamdani dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. FIS Mamdani

2.3.Sensor Ultrasonik (SR-04)

Sensor ultrasonik tipe SR-04 ialah sensor yang bekerja dengan prinsip pantulan gelombang suara dan biasanya digunakan mendeteksi keberadaan sebuah objek di depannya.

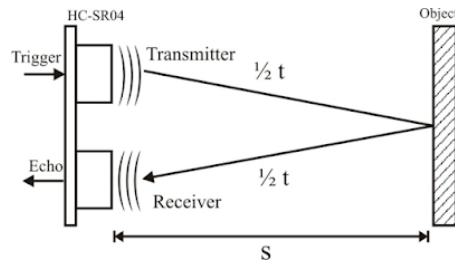


Gambar 2. 5. Sensor Ultrasonik (SR-04)

Struktur dari unit pemancar dan unit penerima cukup sederhana, satu Kristal *piezoelectric* terhubung dengan mekanik jangkar dan dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan memiliki frekuensi kerja 40KHz–400KHz. Struktur atom Kristal *piezoelectric* akan mengikat, menarik atau menurun terhadap polaritas tegangan yang diberikan, ini disebut dengan efek *piezoelectric*[3].

Kontraks yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang

ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Untuk lebih jelas tentang prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat prinsip dari sensor ultrasonik pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6. Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Besar amplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya objek yang dideteksi serta kualitas dari sensor.

2.4. Motor DC

Motor DC merupakan mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Bentuk fisik motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Motor DC

Cepat lambatnya motor DC dapat diatur berdasarkan *duty cycle* yang diberikan, jika *duty cycle* pada sinyal PWM besar, maka akan menghasilkan rata-rata tegangan yang besar pula sehingga motor DC akan berputar cepat, begitu juga sebaliknya

jika *duty cycle* yang diberikan kecil akan menghasilkan tegangan rata-rata yang kecil dan motor DC akan berputar lebih lambat. Pengaturan nilai tegangan rata-rata tersebut dapat diatur dengan menggunakan persamaan[2].

2.5. Motor Servo MG996R

Motor servo ialah actuator putar yang dirancang menggunakan sistem control umpan balik loop tertutup, sehingga bisa diatur untuk menentukan serta memastikan posisi sudut dari poros keluaran motor. Motor servo terdiri dari motor DC, serangkaian roda gigi, rangkaian kontrol dan potensiometer. Rangkaian roda gigi yang melekat pada poros motor DC akan menghambat putaran poros dan menaikkan torsi motor servo, dan potensiometer dengan perubahan hambatannya saat motor bergerak berfungsi untuk penentu batas posisi putaran poros motor servo. Pada perancangan sistem pengereman otomatis pada mobil RC ini menggunakan motor servo MG996R.



Gambar 2. 8. Motor Servo MG996R

2.6. Liquid Crystal Display (LCD) 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebuah komponen elektronika yang berguna untuk menayangkan data, berupa karakter, huruf, serta grafik sekalipun. LCD dibuat dengan teknologi CMOS *Logic* yang bekerja dengan memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap *Frontlight* atau mentransmisikan cahaya dari *Backlight*. LCD yang digunakan yaitu berukuran 16x2.

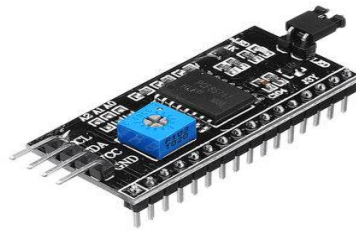


Gambar 2. 9. 16x2 LCD Module

2.7. I2C (Inter-Integrated Circuit)

I2C sebuah singkatan dari *Inter-Integrated Circuit*. I2C merupakan sebuah protokol yang berguna pada *multi-master serial computer bus* dan mempunyai kegunaan untuk berkomunikasi pada perangkat *low-speed* lainnya. Pengaplikasian I2C digunakan pada LCD. Pengaplikasian I2C di LCD ialah agar mengurangi penggunaan pin yang terhubung di arduino. Jalur bus I2C hanya memiliki 2 jalur yaitu *SDA Line* dan *SCL Line*. *SDA Line* ialah jalur bagi data sedangkan *SCL Line* ialah jalur bagi *Clock*. Komunikasi antara peralatan yang menggunakan I2C ialah hubungan yang bersifat *serial*, artinya data yang terkirim serta diterima hanya

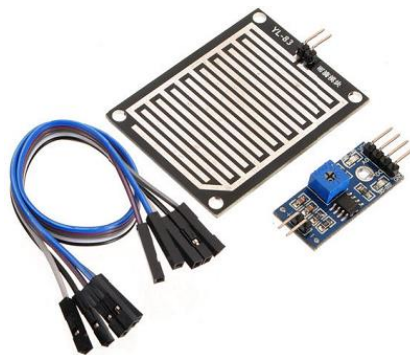
melewati satu lajur data yaitu *SDA Line*. Sumber *Clock* yang dipakai I2C hanya berasal dari sebuah komponen *master* melewati jalur *Clock SCL Line*.



Gambar 2. 10. Inter-Integrated Circuit

2.8. Sensor hujan FC-37

Sensor hujan adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi hujan turun atau mendeteksi cipratan air. Pada saat sensor terkena air pada daerah papan sensornya maka resistansinya akan berubah. Untuk pengaplikasiannya sensor digunakan untuk mendeteksi cipratan air yang berasal dari ban mobil RC di bawah dan akan mengirimkan sinyal yang akan diproses oleh arduino Mega agar dapat menentukan kondisi jalan basah atau kering.



Gambar 2. 11. Sensor Hujan FC-37

2.9.Arduino Mega 2560

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino Mega 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. (Hanif, 2017)

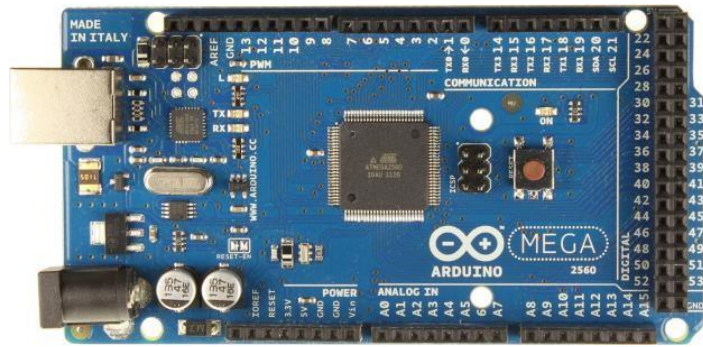
Dapat dilihat pada Tabel 2.1 merupakan spesifikasi arduino Mega 2560 (datasheet arduino Mega 2560):

Tabel 2. 1. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan <i>Input</i> (rekomendasi)	7-12V
Tegangan <i>Input (limit)</i>	6-20V
Pin Digital I/O	54 (termasuk 15 PWM <i>output</i>)
Pin Analog <i>Input</i>	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	256 KB (8 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37 g

Berikut merupakan tampilan papan mikrokontroler arduino Mega 2560 pada

Gambar 2.12.



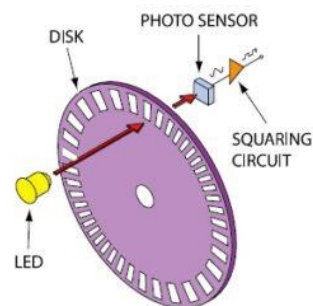
Gambar 2. 12. Papan mikrokontroler Arduino Mega 2560

Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode*, *digitalWrite*, dan *digitalRead*. Arduino Mega 2560 beroperasi pada tegangan 5 volt. Beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- **Serial** : 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1 : 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2 : 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3 : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin *chip* ATmega16U2 Serial USB-to-TTL.
- **Eksternal Interupsi** : Pin2 (*interrupt* 0), pin3 (*interrupt* 1), pin18 (*interrupt*5), pin19 (*interrupt*4), pin20 (*interrupt*3), dan pin21 (*interrupt*2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau berubah nilai.
- **SPI** : Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI Library*.
- **LED** : Pin 13. Tersedia secara *built-in* pada papan Arduino Mega 2560.
- **I2C** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan *WireLibrary*.

2.10. Rotary Encoder

Rotary encoder merupakan perangkat elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Posisi sudut suatu poros benda yang berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu photo-transistor diletakan sehingga dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan.



Gambar 2. 13. Cara Kerja Rotary Encoder

Untuk mengetahui kecepatan putar dari pulsa yang dihasilkan oleh *rotary encoder* tersebut, maka dapat dituliskan dalam persamaan berikut:[1]

$$V = \frac{f}{M} \times 2\pi r \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan,

V = kecepatan benda (m/s)

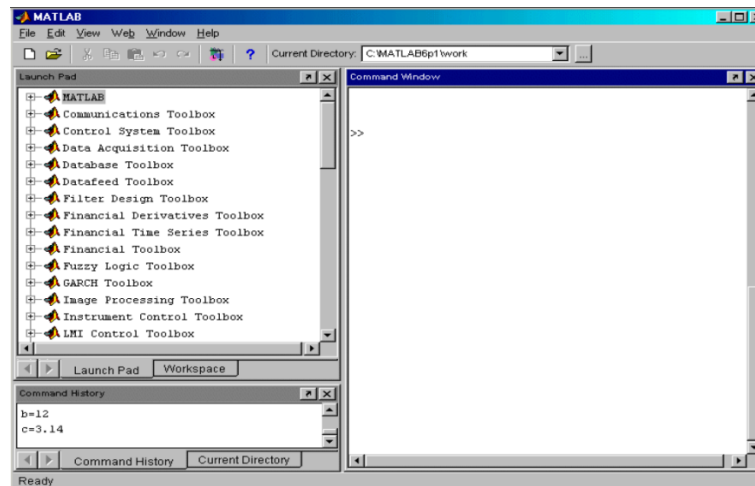
r = jari-jari (m)

f = jumlah pulsa dalam 1 detik

M = jumlah lubang piringan *rotary encoder*

2.11. .MATLAB

MatLab ialah program komputer yang fungsinya memudahkan kita dalam memprogram komputer, dengan MatLab persoalan-persoalan numeris maupun perhitungan yang kompleks dapat diselesaikan dengan mudah tanpa harus menulis program komputer yang sangat panjang. Penggunaan MatLab meliputi matematika dan komputasi, pembentukan algoritma, akuisisi data, pemodelan, simulasi, pembuatan *prototype*, analisa data, explorasi dan visualisasi serta grafik keilmuan dan bidang rekayasa. MatLab ialah singkatan dari *Matrix Laboratory*.



Gambar 2. 14. Tampilan awal software matlab

Berdasarkan Gambar 2.14, fitur-fitur matlab sudah banyak dikembangkan dan lebih dikenal dengan nama *toolbox*. Penggunaan *toolbox* akan mendukung untuk *learn* dan *apply technology* yang sedang dipelajari pengguna. *Toolbox* ini merupakan kumpulan dari fungsi-fungsi MatLab (*M-files*) yang telah dikembangkan ke suatu lingkungan kerja MatLab untuk memecahkan masalah dalam kelas partikular. Area-area yang sudah bisa dipecahkan dengan *toolbox* saat ini meliputi pengolahan sinyal, sistem kontrol, *neural networks*, *fuzzy logic*, *wavelets* dan lain-lain [3].

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.1.1. Masukan (*input*)

Pada bagian *input* terdapat komponen yang fungsinya ialah untuk memberikan masukan bagi mikrokontroler Arduino Mega. *Input* dari sistem ini terdiri dari sensor *rotary encoder*, sensor ultrasonik SR-04 dan sensor hujan Fc-37.

a. Sensor *rotary encoder*

Sensor ini ialah sensor kecepatan yang bekerja dengan cara menghasilkan pulsa dari *ouptocoupler* yang membaca piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. Piringan tersebut menempel pada poros roda yang digerakan oleh motor DC. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kecepatan mobil pada saat melaju.

b. Sensor ultrasonikSR-04

Sensor ultrasonik ialah sensor jarak yang bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik. Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi adanya halangan yang berada di depan mobil RC.

c. Sensor hujan Fc-37

Sensor hujan ialah sensor yang dapat mendeteksi adanya indikasi air. Sensor ini berfungsi menjadi pendeteksi adanya air pada kondisi jalan, karena sensor terciprat oleh air dari kondisi jalan tersebut, lalu mendeteksi bahwa kondisi jalan basah.

3.1.2. Pemroses (*Process*)

Arduino Mega digunakan untuk mengontrol sistem pengereman mobil otomatis menggunakan logika *fuzzy*. Arduino Mega akan memproses masukan dari sensor ultrasonik, sensor hujan dan sensor *rotary encoder*, yang kemudian memberikan hasil *output* berupa kecepatan putaran motor DC, Jarak halangan di depan mobil RC, Kondisi jalan basah atau kering dan ditampilkan pada LCD.

3.1.3. Keluaran (*Output*)

Bagian keluaran adalah bagian yang merupakan hasil eksekusi perangkat dan bertindak sebagai hasil dari kinerja perangkat sesuai dengan keinginan perancang. Pada blok diagram terdapat 2 buah *output* berupa motor servo MG996R dan LCD 16x2, berikut penjelasan dari masing-masing *output* yang digunakan.

a. Motor Servo MG996R

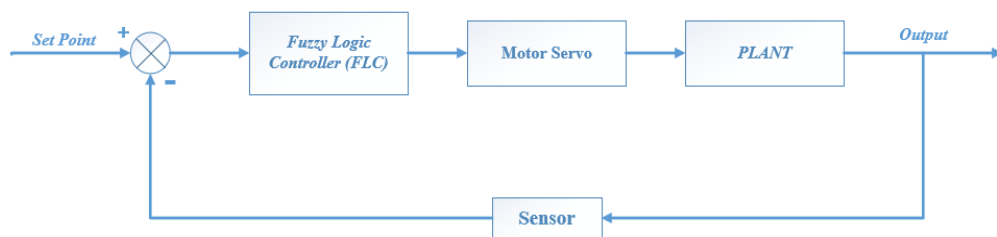
Motor servo adalah perangkat listrik yang digunakan pada sebuah alat pintar yang berfungsi untuk mendorong atau memutar objek dengan kontrol yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut. Motor Servo digunakan sebagai pemutar tuas rem pada ban mobil RC.

b. LCD16x2

LCD 16x2 bertindak sebagai indikator kecepatan, jarak, hasil pengereman dan kondisi jalan .

3.2. Metode yang Diusulkan

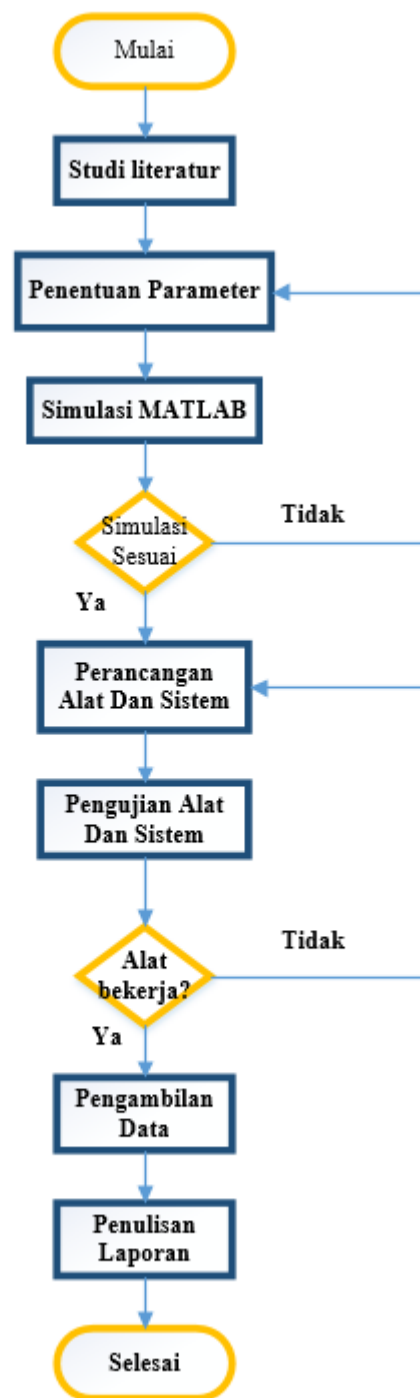
Pada penelitian ini sistem kendali dengan menggunakan *Fuzzy Logic* dilakukan simulasi dengan aplikasi MatLab. Kemudian dari hasil simulasi yang dihasilkan oleh parameter-parameter yang sudah ditentukan sebelumnya, lalu akan dimasukan ke program dengan algoritma *fuzzy logic control* dengan menggunakan Arduino Mega yang nantinya akan di proses.



Gambar 3. 1. Blok Diagram Sistem Kendali

3.3. Diagram Alir Penelitian

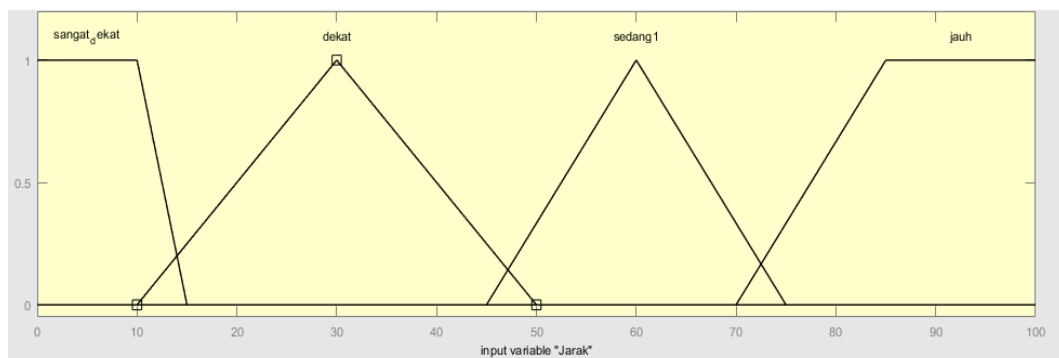
Tahapan penelitian mulai dari studi literatur hingga menyimpulkan analisa hasil pengujian dapat direpresentasikan dengan membuat sebuah diagram alir penelitian secara keseluruhan. Diagram alir penelitian dapat dilihat dalam Gambar 3.2. berikut ini:



Gambar 3. 2. Blok diagram penelitian

3.4. Fungsi Keanggotaan Masukan dan Keluaran

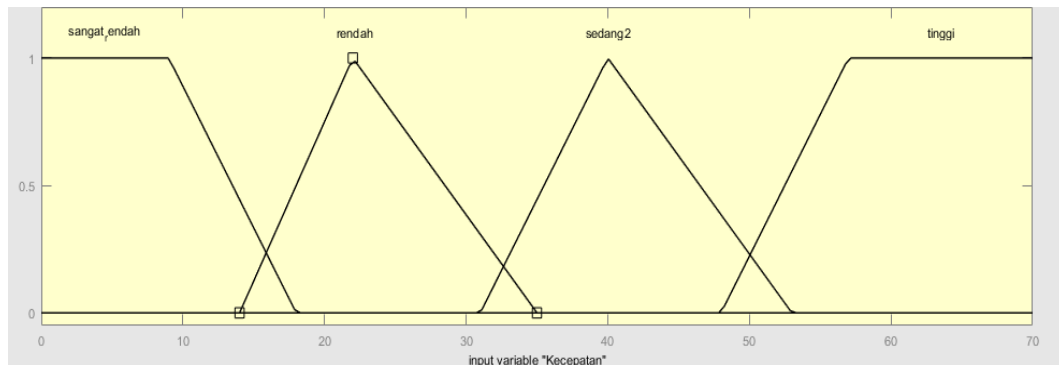
Terdapat dua *input* pada kontrol logika *fuzzy*, yaitu kecepatan dari *prototype* dan jarak *prototype* dengan hambatan di depannya. Sedangkan untuk keluaran yaitu rem pada mobil RC. *Input* dari logika *fuzzy* mempunyai nilai keanggotaan (*membership function*) yang direpresentasikan dalam bentuk kurva trapesium dan kurva segitiga. Operator “AND” digunakan untuk mengkombinasikan dan memodifikasi kedua masukan. Terdapat empat nilai keanggotaan (*membership function*) pada masukan dan keluaran. Pada Jarak dapat dilihat pada gambar 3.3, pada nilai keanggotaan kecepatan dapat dilihat pada gambar 3.4, dan nilai keanggotaan presentase rem dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 3. Membership Function Jarak

Keterangan:

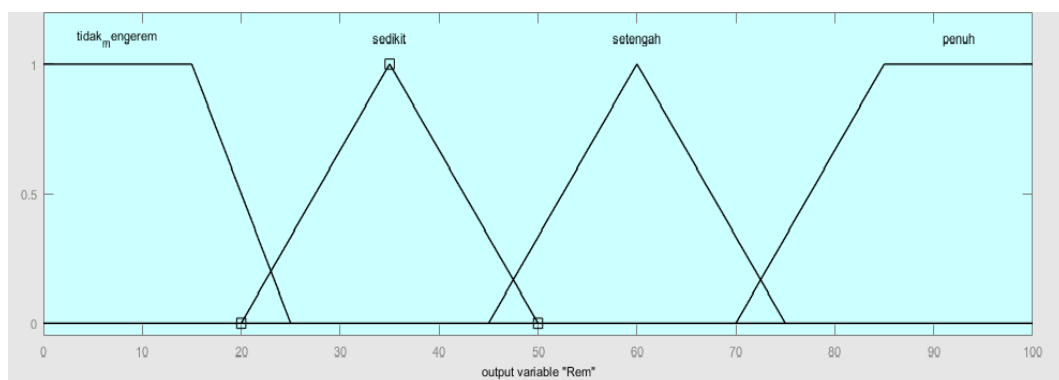
- Jarak sangat dekat direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai antara 0cm – 15cm.
- Jarak dekat direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai antara 10cm – 50cm.
- Jarak sedang direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai antara 45cm – 75cm.
- Jarak jauh direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai antara 70cm -100cm.



Gambar 3. 4. Membership Function Kecepatan

Keterangan:

- Kecepatan sangat rendah direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai antara 0m/min -18m/min.
- Kecepatan rendah direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai antara 14m/min -35cm/min.
- Kecepatan sedang direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 31m/min–53m/min.
- Kecepatan tinggi direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai domain diantara 48m/min–70m/min.



Gambar 3. 5.Membership Function Persentase Rem

Keterangan:

- Tidak mengerem direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai domain antara 0-25.
- Pengereman sedikit direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 20-50.

- Pengereman setengah direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 45-75.
- Pengereman penuh direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai domain diantara 70-100.

3.5. Rule Fuzzy Berdasarkan Kondisi Jalan

Rule fuzzy yang digunakan dibedakan menjadi dua berdasarkan dengan kondisi jalan. *Rule* yang digunakan terdapat sebanyak 32 *rule* dan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan tabel 3.2.

3.5.1. Rule Fuzzy kondisi jalan basah

Pada kondisi jalan basah *rule fuzzy* yang digunakan adalah 16 *rule*.

Tabel 3. 1. Rule Fuzzy Pada kondisi jalan basah

Kecepatan Jarak	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Sangat Dekat	Tidak mengerem	Rem sedikit	Rem setengah	Rem setengah
Dekat	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Rem sedikit	Rem setengah
Sedang	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Rem sedikit
Jauh	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Tidak mengerem

Keterangan dari *rule* di atas:

- *Rule1* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule2* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule3* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sedang” maka

pengereman yang dilakukan akan “setengah”.

- *Rule4* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “setengah”.
- *Rule5* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule6* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule7* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule8* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “setengah”.
- *Rule9* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule10* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule11* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule12* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule13* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule14* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule15* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule16* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.

3.5.2. Rule Fuzzy kondisi jalan kering

Pada kondisi jalan kering *rule fuzzy* yang digunakan adalah 16 *rule*.

Tabel 3. 2. Rule Fuzzy Pada kondisi jalan kering

Kecepatan Jarak	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Sangat Dekat	Rem sedikit	Rem setengah	Rem penuh	Rem penuh
Dekat	Tidak mengerem	Rem sedikit	Rem setengah	Rem penuh
Sedang	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Rem sedikit	Rem setengah
Jauh	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Tidak mengerem	Rem sedikit

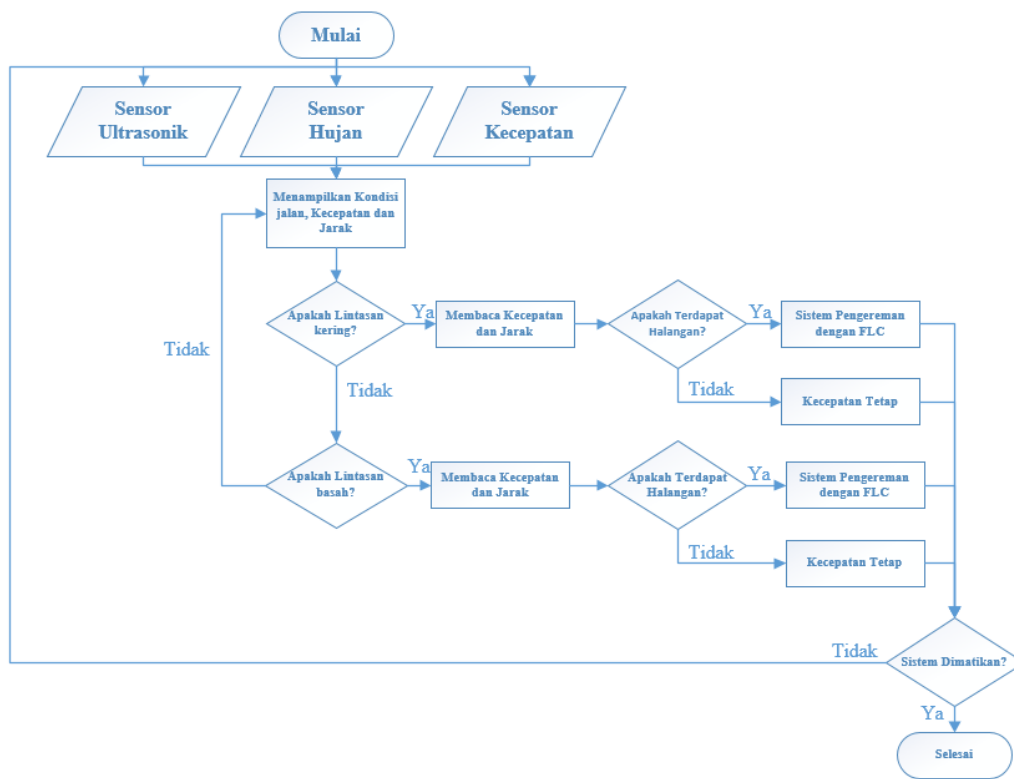
Keterangan dari *rule* di atas:

- *Rule1* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule2* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “setengah”.
- *Rule3* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.
- *Rule4* : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.
- *Rule5* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule6* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule7* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “setengah”.
- *Rule8* : jika jarak “dekat” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.

- *Rule9* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule10* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule11* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule12* : jika jarak “sedang” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “setengah”.
- *Rule13* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule14* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule15* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “tidak mengerem”.
- *Rule16* : jika jarak “jauh” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.

3.6. Diagram Alir Sistem

Pengendalian sistem pengereman mobil RC secara *otomatis* dikendalikan dengan menggunakan Arduino Mega 2560 dengan masukan berupa beberapa sensor yaitu sensor hujan, sensor ultrasonik, dan sensor *rotary encoder*. Arduino Mega 2560 menggunakan bahasa pemrograman C++ yang dapat kita modifikasi algoritmanya sesuai dengan keinginan kita, sehingga dapat lebih leluasa dalam menentukan parameter pengereman. Berikut merupakan diagram perancangan sistem kendali yang digunakan :



Gambar 3. 6. Diagram Alir Sistem

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian serta analisis data dari sistem pengereman otomatis menggunakan logika *fuzzy* yang dibahas pada penulisan laporan tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan hasil analisis yang mengacu kepada tujuan perancangan dan pembuatan sistem pengereman otomatis menggunakan logika *fuzzy* ini.

1. Sistem pengereman otomatis pada mobil RC pada saat kondisi jalan kering maupun basah memiliki hasil yang sesuai dengan *Rule Fuzzy*. Sistem ini dapat bekerja ketika *prototype* mobil melaju dengan kecepatan rendah, kecepatan sedang maupun melaju dengan kecepatan tinggi, dengan rata-rata tingkat keberhasilan melakukan pengereman hingga mobil berhenti melaju mencapai 100% dan jarak berhenti antara 2–10cm.
2. Penempatan sensor hujan pada mobil RC mempengaruhi terdeteksinya jalanan basah atau kering, karena dipengaruhi oleh cipratan air dari ban.
3. Perbedaan jarak berhenti *prototype* mobil dipengaruhi oleh kecepatan respon dari motor servo sebagai penggerak tuas rem. Untuk melakukan pengereman sedikit motor servo harus berputar dengan sudut 27° , sedangkan untuk berputar dengan sudut 27° motor servo membutuhkan waktu sekitar 1 detik.

5.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dari *Prototype* Sistem Pengereman Otomatis Pada Mobil RC dengan sistem Kendali *Fuzzy Logic* Berbasis Arduino Mega 2560 ini ada beberapa masukan dalam perancangannya, yaitu:

1. Dimensi dari *prototype* mobil lebih diperbesar, agar sistem lebih menyerupai mobil aslinya.
2. Agar dapat menambah presentase keselamatan pengendara, maka pada masukan logika *fuzzy* dapat ditambahkan satu variabel baru, yaitu karakteristik jalan raya yang dilalui oleh *prototype* tersebut. Baik itu jalanan berlubang atau sudut kemiringan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munandar, Aris dan Aria, Muhammad. “Sistem Pengereman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler”. TELEKONTRAN, Vol. 4, No. 1, April 2016.
- [2] Pakpahan, Faisal. “Sistem Kontrol Keseimbangan Pada *Electric Unicycle* Ketika Kondisi Pengereman Menggunakan Metode Kalman Filter”. e-Proceeding of Engineering, Vol.3, No.3, December 2016: 4261-4270.
- [3] Syahputra, Fajar Fendrian. “Desain Dan Implementasi Kontrol Kecepatan Dan Pengereman Pada Mobil Listrik Dengan Fuzzy Logic Control”. e-Proceeding of Engineering, Vol.3, No.3, December 2016: 3972-3980.
- [4] Faradila, Fengki. “Sistem Kontrol Suhu Rem Hidrolik Pada Kendaraan Bermotor Dengan Metode Logika Fuzzy”. JEECAE, Vol.4, No.1, Mei 2019: 235- 240.
- [5] Sembiring, Zulfikar. 2017. “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Pada Rem Otomatis Mobil Cerdas”. Medan: Universitas Medan Area.
- [6] Hartono, Rodi. “Otomatisasi Sistem Pengereman Mobil menggunakan Sensor Jarak”. TELEKONTRAN, Vol. 7, No. 1, April 2019:54-65.
- [7] Nugroho, Emmanuel Agung. “Sistem Pengendali Lampu Lalulintas Berbasis Logika Fuzzy”. SIMETRIS, Vol 8, No. 1, April 2017:75-84.
- [8] Wantoro, Agus. 2017. “Penerapan Logika Fuzzy Pada Control Suara Tv Sebagai Alternative Menghemat Daya Listrik”. Bandar Lampung: Universitas Teknokrat Indonesia.

- [9] Anjasmoro, Dendy Apriyana. “Perancangan dan Penerapan Kendali Logika Fuzzy pada Lemari Pengerin Pakaian”. *Maestro*, Vol. 1, No.1, April 2018:65-72.
- [10] Derisma. 2017. “Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Kursi Roda Elektrik Dengan Kendali Suara”. Padang: Politeknik Negeri Padang.
- [11] Basjaruddin, Noor Cholis. “Hardware Simulation Of Automatic Braking System Based On Fuzzy Logic Control”. N.C. Basjaruddin et al. / *J. Mechatron. Elect. Power, and Veh. Technol.* 07 (2016) 1-6.
- [12] Rizianiza, Illa dan Djafar, Alfian. “Design Car Braking System Using Mamdani Fuzzy Logic Control”. *International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, Bali-Indonesia 2017.
- [13] Hassan, Syed Ali and Iqbal, Sohail. “Automatic Car Braking System using Fuzzy Logic Controller with Environmental Factors”. *IEEE*, 978-1-7281-400 1-8/19.2019.
- [14] Rahmat, Bulan Fatimah. “Sistem Penghinder Tabrakan DepanBelakang Kooperatif Berbasis Logika Fuzzy”. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- [15] Dewa, Alphant Nichola Duta. 2019. “Prototype of Automatic Braking System on Car Model Using Fuzzy Logic”. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [16] Khairudin, M. “Converter matlab fuzzy inference to arduino Csystem”. *ICTVT* 2019.
- [17] Ferdiansyah. Husin, Zainal. Suprpto, Bhakti Yudho and Dwijayanti, Suci. “Water Distribution Control Using Arduino with Fuzzy Logic Algorithm Method: A Prototype Design”. *ICECOS* 2019.
- [18] Najmurrokhman, Asep. Kusnandar. Komarudin, Udin. Sunubroto. Djamal, Esmeralda Contessa and Taufik, Fajar. “Speed Control and Obstacle Avoidance of A Hexapod Mobile Robot using Mamdani type Fuzzy Logic Controller”. *ICA* 2019.
- [19] Zaki, Alwan Abdul. Mulyana, Edi. Mardiyati, Rina and Ulfiah. “Modeling Wall Tracer Robot Motion Based on Fuzzy Logic Control”. *IEEE*, 978-1-7281-7596-6/20.2020.

- [20] Benyazza, Hamza. Bouhedda, Mounir. Zerhouni, Mohammed Cherif. Boudjemaa, Mourad and Dura, Salam Abu. "Fuzzy Greenhouse Temperature and Humidity Control Based on Arduino". ICASS 2018.
- [21] Ogata, Katsuhiko. 2010. "Modern Control Engineering Fifth Edition".
- [22] T.P.I.P.Ltd., MATLAB numerical computing 2014.