BAB III

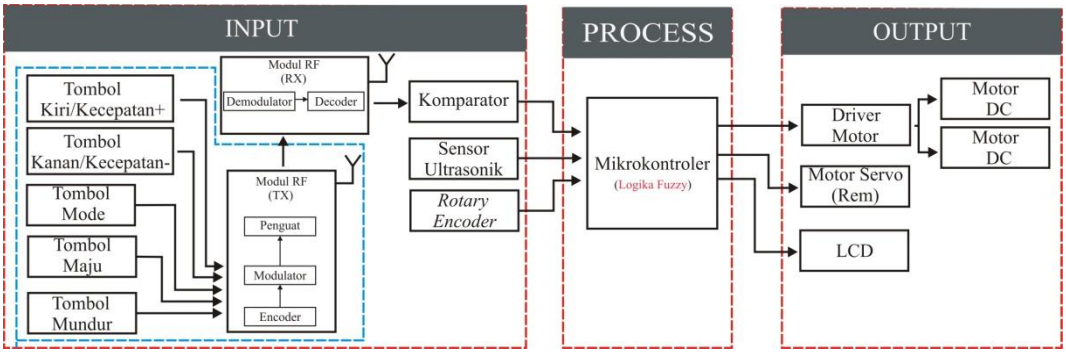
PEMILIHAN KOMPONEN DAN PERANCANGAN ALAT

Dalam perancangan dan pembuatan suatu perangkat elektronik, pemilihan jenis komponen harus dilakukan karena berdampak langsung pada tingkat efisiensi dan efektifitas perangkat yang dibuat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya ukuran dimensi komponen, keakuratan komponen pada saat bekerja, kualitas komponen, serta pengeluaran biaya untuk komponen tersebut.

Selain pemilihan komponen, perancangan dan realisasi sistem merupakan bagian yang terpenting dari seluruh pembuatan tugas akhir ini. Perancangan yang baik dan dilakukan secara sistematik akan memberikan kemudahan dalam proses pembuatan alat serta mempermudah dalam proses analisis dari alat yang dibuat. Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan sistem baik *hardware* maupaun *software* beserta alasan pemilihan komponen yang digunakan.

3.1 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem pengereman mobil otomatis ini, secara umum terdapat tiga bagian utama yaitu bagian masukan (*input*), proses (*process*), dan keluaran (*output*) seperti terlihat pada Gambar 3.1. Setiap bagian dari sistem mempunyai fungsi masing-masing yang akan saling berkaitan dalam sistem pengereman mobil otomatis ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Pengereman Mobil Otomatis

Secara umum, cara kerja dari pengereman mobil otomatis yang akan dirancang dalam tugas akhir ini adalah ketika sensor *rotary encoder* mendeteksi kecepatan mobil pada saat melaju dan sensor ultrasonik SR-04 mendeteksi adanya penghalang dengan jarak tertentu, maka secara otomatis mikrokontroler akan memproses masukan dari sensor *rotary encoder* dan sensor ultrasonik SR-04 tersebut yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler untuk menentukan pengereman secara otomatis. Selain itu dalam tugas akhir ini mobil prototype dikendalikan melalui *remote control.* Berikut ini uraian singkat fungsi dari masing-masing bagian utama blok diagram sistem pengereman otomatis berbasis mikrokontroler ATmega32 menggunakan logika *fuzzy*.

3.1.1 Masukan (*input*)

Pada bagian masukan (*input*) terdapat perangkat yang berfungsi untuk memberikan masukan bagi mikrokontroler sesuai dengan fungsinya. Masukan (*input*) dari sistem ini terdiri dari sensor *rotary encoder*, sensor ultrasonik SR-04, *remote control* pemancar (TX) dan penerima (RX), komparator.

a. Sensor *rotary encoder*

Sensor ini adalah jenis 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 ultrasonik SR-04

Sensor ini adalah jenis sensor jarak yang bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik. Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi adanya mobil lain atau rintangan *(obstacle)* di depan mobil .

c. *Remote control* pemancar (TX) dan penerima (RX)

Remote control yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *remote control* gelombang radio yang terdiri dari pemancar (TX) dan penerima (RX). *Remote control* ini terdapat lima buah fungsi kerja. Fungsi kerja tersebut digunakan untuk mengendalikan mobil agar bergerak maju, untuk mengendalikan mobil agar bergerak mundur, untuk menentukan mode dimana apabila mode menyala maka tombol kanan/kecepatan- digunakan untuk mengurangi kecepatan mobil, dan tombol kiri/kecepatan+ digunakan untuk menambah kecepatan mobil. Sedangkan apabila mode mati maka tombol kanan/kecepatan- digunakan untuk memberi perintah agar mobil berbelok ke arah kanan, dan tombol kiri/kecepatan+ digunakan untuk memberi perintah agar mobil berbelok ke arah kiri.

d. Komparator

Pada tugas akhir ini komparator digunakan untuk memastikan tegangan keluaran dari *remote control* penerima, apakah tegangan tersebut bernilai 1 (5V) atau 0 (0V). Ini dikarenakan pada saat *remote control* pemancar salah satu fungsi kerjanya dijalankan maka tegangan keluaran pada *remote control* penerima adalah sekitar 2V, sedangkan apabila fungsi kerjanya tidak dijalankan maka tegangan keluaran pada *remote control* penerima adalah 0V. Sehingga untuk membuat tegangan keluaran pada *remote control* pemancar berlogika 1 (5V) dan 0 (0V) digunakanlah komparator.

3.1.2 Pemroses (*Process*)

Mikrokontroler AVR ATmega 32 digunakan sebagai perangkat utama untuk mengontrol sistem pengereman mobil otomatis menggunakan logika *fuzzy* ini. Mikrokontroler akan memproses masukan baik dari sensor ultrasonik, sensor *rotary encoder*, dan *remote control* yang kemudian memberikan keputusan *output* berupa arah putaran motor DC maju atau mundur, mengatur kecepatan motor DC, arah putaran motor servo, dan menampilkan informasi ke dalam 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 3 buah *output* berupa motor DC, LCD 16x2, dan motor servo, berikut penjelasan dari masing-masing *output* yang digunakan.

a. Motor DC (penggerak roda mobil dan penggerak *steer*)

   Motor DC pertama digunakan sebagai penggerak mobil agar mobil dapat bergerak maju dan mundur, sedangkan motor DC kedua digunakan sebagai penggerak *steer* agar mobil dapat berbelok ke arah kanan atau kiri. Motor DC dikendalikan arah putaran dan kecepatannya melalui IC L293D yang berguna sebagai *driver* motor dan pengaturannya dilakukan melalui eksekusi program pada mikrokontroler ATmega32.

b. LCD 16x2

   LCD 16x2 bertindak sebagai indikator kecepatan dan jarak antara mobil dan hambatan *(obstacle)* di depannya dan pengaturan melalui eksekusi program pada mikrokontroler ATmega32.

c. Motor servo (pengereman roda mobil)

   Motor servo bertindak sebagai pengontrolan rem secara mekanis. *Input* dari sensor ultrasonik dan sensor *rotary encoder* ke mikrokontroler akan menghasilkan *output* berupa besarnya sudut motor servo. Pergerakan sudut motor servo tersebut menjadi besaran persentase rem.

3.2 Pemilihan Komponen

Pada pemilihan komponen, yang menjadi latar belakang perbandingan dan pemilihan jenis komponen yang diuraikan pada bab ini dilakukan dengan cara membandingkan komponen-komponen yang digunakan pada rangkaian sistem kontrol elektronik pengereman mobil otomatis yang sudah ada sebelumnya dengan beberapa komponen dari jenis yang sama dengan spesifikasinya dan harga

yang pada dasarnya mempengaruhi kinerja dari komponen tersebut terhadap aplikasi pengereman mobil otomatis yang akan dirancang.

3.2.1 Pemilihan Jenis Sensor Jarak

Sensor jarak berfungsi untuk mendeteksi jarak antara mobil dengan hambatan. Pada sistem pengereman otomatis ini jarak maksimum yang dibutuhkan untuk mendeteksi mobil dengan hambatan adalah 200 cm. Selain itu, jarak yang dideteksi oleh sensor harus memiliki keakuratan yang cukup tinggi.

Tabel 3.1. Uraian Perbandingan Jenis Sensor Jarak

Spesifikasi	**Jenis Sensor**		
	Sensor GP2YOA02YK	**Sensor ULTRASONIK SR-04**	**Sensor ULTRASONIK PING**
Jarak Pantul	10 cm – 150 cm	3 cm – 500 cm	3 cm – 300cm
Indikator Sensor	Tidak ada	Tidak ada	Ada
Frekuensi Brust	-	40kHz	40kHz
Harga	Rp 220.000	Rp 40.000	Rp 350.000

Berikut Tabel 3.1 berisi perbandingan antara beberapa jenis sensor jarak. Pada perancangan sistem pengereman otomatis ini, sensor jarak yang digunakan adalah sensor ultrasonik SR-04. Pemilihan tersebut berdasarkan rentang jarak pantul dan harga yang relatif lebih murah.

3.2.2 Pemilihan Jenis Mikrokontroler

Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah data yang masuk dari sensor dan kemudian memberikan perintah kepada *actuator*. Mikrokontroler yang digunakan harus memiliki *memory flash* dan RAM yang cukup besar, karena pada perancangan sistem pengereman otomatis ini proses pengolahan data yang

dilakukan cukup banyak. Selain itu, mikrokontroler harus mempunyai pin I/O yang cukup untuk terhubung ke sensor atapun ke *actuator*.

Tabel 3.2 Uraian Perbandingan Jenis Mikrokontroler

Spesifikasi	**Jenis Mikrokontroler**		
	ATMega 32	**ATMega 16**	**ATMega 8535**
Flash	32 kb	16 kb	8 kb
RAM	2kb SRAM	1kb SRAM	512 byte SRAM
I/O	32	32	32
PIN	40	40	40
Harga	Rp. 46.000	Rp. 45.000	Rp. 50.000

Berikut Tabel 3.2 berisi perbandingan antara beberapa jenis mikrokontroler. Pada perancangan sistem pengereman otomatis ini, mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATMega 32. Pemilihan tersebut berdasarkan *memory flash* dan RAM yang lebih besar sehingga mempengaruhi kecepatan akses data sementara pada mikrokontroler.

3.2.3 Pemilihan Jenis *Liquid Crystal Display* (LCD)

LCD berfungsi untuk menampilkan jarak yang dideteksi, nilai PWM, kecepatan mobil, dan nilai persentase rem yang dilakukan. Semua informasi tersebut harus ditampilkan dalam satu LCD, sehingga informasi tersebut ditampilkan secara *real time.*

Tabel 3.3 Uraian Perbandingan Jenis *Liquid Crystal Display* (LCD)

Spesifikasi	**Jenis LCD**		
	LCD 16x1	**LCD 16x2**	**LCD 16x4**
Karakter	16	32	64
Baris	1	2	4
Harga	Rp. 35.000	Rp. 50.000	Rp. 85.000

Pada Tabel 3.3 dapat dilihat perbandingan antara beberapa jenis LCD. LCD yang digunakan pada perancangan sistem pengereman otomatis ini adalah LCD dengan jumlah karakter 16x2. Pemilihan tersebut berdasarkan jumlah karakter yang dapat menampilkan semua informasi yang akan ditampilkan secara bersamaan.

3.2.4 Pemilihan Jenis Motor Servo

Motor servo berfungsi sebagai pengatur rem pada *prototype* mobil. Motor servo yang digunakan harus memiliki torsi yang besar, sehingga motor servo tersebut mampu untuk melakukan pengereman hingga roda pada *prototype* behenti berputar.

Tabel 3.4 Uraian Perbandingan Jenis Motor Servo

Spesifikasi	**Jenis Motor**		
	TowerPro High Torque MG996R (180°)	**King Max Mini Servo (180°)**	**GWS Servo S125-1T (360°)**
Tegangan	4.8-6V	4.8-6V	4.8-6V
Torsi	10kg.cm	1,5kg.cm	5.8kg.cm
Berat	55g	45g	50g
Harga	Rp.198.000	Rp. 75.000	Rp. 340.000

Pada Tabel 3.4 dapat dilihat perbandingan jenis motor servo. Pada perancangan sistem pengereman otomatis ini motor servo yang digunakan adalah TowerPro High Torque MG996R. Pemilihan tersebut berdasarkan putaran motor servo sebesar 180° dan torsi yang dihasilkan oleh motor servo tersebut cukup untuk melakukan pengereman.

3.2.5 Pemilihan Jenis IC Driver Motor

Driver motor berfungsi untuk mengendalikan arah putaran motor DC dan juga kecepatan motor DC tersebut. Motor yang akan dikendalikan memiliki arus yang cukup kecil, sehingga *driver* motor yang digunakan harus mampu mengalirkan arus pada motor tersebut.

Tabel 3.5 Uraian Perbandingan Jenis IC Driver Motor

Spesifikasi	**Jenis Driver Motor**	
	IC L293D	**IC L298N**
Arus Maksimal	1 A	4 A
Harga	Rp 18.000	Rp 22.500

Berikut Tabel 3.5 berisi perbandingan antara beberapa jenis *driver* motor. Pada perancangan sistem pengereman otomatis ini, *driver* motor yang digunakan adalah IC L293D. Pemilihan tersebut berdasarkan nilai arus maksimum yang dapat dialirkan oleh IC L293D. Selain itu harga dari IC L293D yang relatif lebih murah.

3.2.6 Pemilihan Jenis Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan berfungsi untuk mendeteksi kecepatan mobil pada saat melaju. Motor DC yang digunakan untuk menggerakkan mobil memiliki kecepatan putaran sebesar 300rpm. Sehingga sensor yang digunakan harus mampu mendeteksi kecepatan putaran tersebut. Selain itu, bentuk dari sensor yang digunakan harus sesuai sehingga mudah dipasang pada mekanik.

Tabel 3.6 Uraian Perbandingan Jenis Sensor Kecepatan

Spesifikasi	**Jenis Sensor Kecepatan**		
	DI-*Rotary Encoder*	***Rotary Encoder* Autonics E30S**	***Rotary Encoder* Omron E6A2-CS3E**
Tegangan *input*	5V	5V	5V
Respon frekuensi maksimum	1.500Hz	300.000Hz	30.000KHz
Maksimum rpm	2.500rpm	5.000rpm	5000rpm
Harga	Rp 60.000	Rp 650.000	Rp 850.000

Pada Tabel 3.6 dapat dilihat perbandingan dari jenis sensor kecepatan. Berdasarkan tabel tersebut, pada perancangan sistem pengereman otomatis ini sensor kecepatan yang digunakan adalah DI-*Rotary Encoder*.

3.2.7 Pemilihan Jenis Komparator

Rangkaian komparator berfungsi untuk membandingkan antara tegangan yang masuk dari penerima modul RF dengan tegangan referensi. Pada umumnya rangkaian komparator menggunakan sebuah komponen *Operasional Amplifier* (Op-Amp). Op-Amp yang digunakan harus dapat bekerja tanpa catuan ganda, misalnya +12V dan -12V. Selain itu harus hemat daya dengan arus yang kecil sehingga cocok untuk catu daya dengan menggunakan baterai.

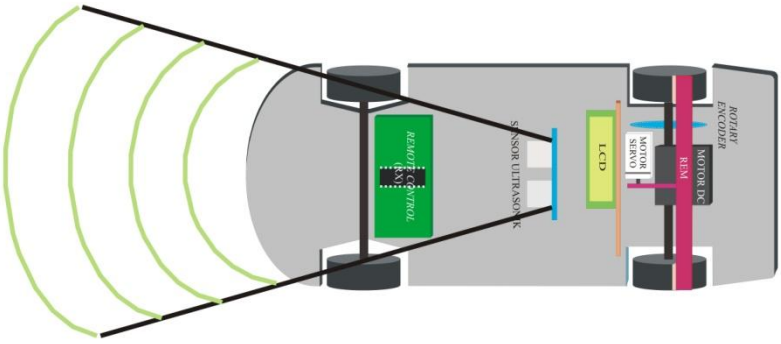
Tabel 3.7 Uraian Perbandingan Jenis IC Op-Amp Sebagai Komparator

Spesifikasi	**Tipe IC Komparator**		
	LM741	LM393N	TL074
Jumlah Op-Amp	1	2	4
Tegangan Suplai Vcc	±18V	2V-36V atau ±1,0V-18V	±18V
Tegangan Input	±15V Max	-3 ~ +36V Max	±15V Max
Suhu operasi	0 ~ +70$_o$C	0 ~ +70$_o$C	-40 ~ 105$_o$C
Kemasan	DIP8	DIP8	DIP14
Penguatan tegangan	-	Max 200 x	120 dB
Output short protection	Ya	Ya	Ya
Harga	Rp 1.500	Rp 1.500	Rp 4.000

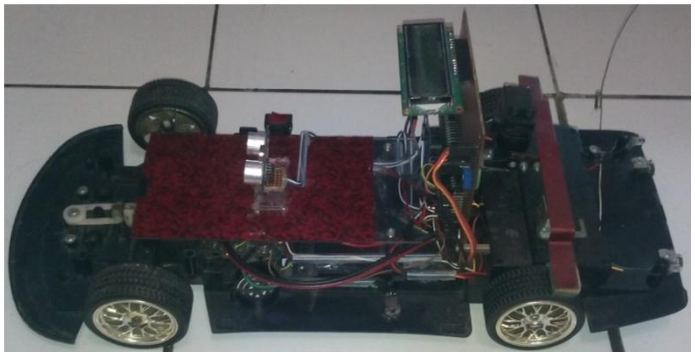
Berikut Tabel 3.7 berisi perbandingan jenis IC Op-Amp yang digunakan sebagai komparator. Berdasarkan tabel tersebut, pada perancangan sistem pengereman otomatis ini IC Op-Amp yang digunakan adalah IC LM393N.

3.3 Perancangan Mekanik Pada Mobil

Dalam perancangan sistem pengereman otomatis pada tugas akhir ini akan dimodelkan pada mobil-mobilan *remote control.* Model mobil-mobilan yang dirancang memiliki 1 buah sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak, 1 buah sensor *rotary encoder* sebagai pendeteksi kecepatan mobil pada saat melaju, 2 buah motor DC sebagai penggerak mobil dan pengatur *steer*, 1 buah motor servo sebagai pengereman mobil, 1 buah *driver* motor, 1 buah LCD sebagai indikator, 1 buah penerima (RX) modul RF sebagai komunikasi pengendalian mobil, dan 1 buah sistem minumum ATmega 32 sebagai pusat pengendalian mobil seperti terlihat pada Gambar 3.2. Untuk *prototype* mobil dapat dilihat pada Gambar 3.3.

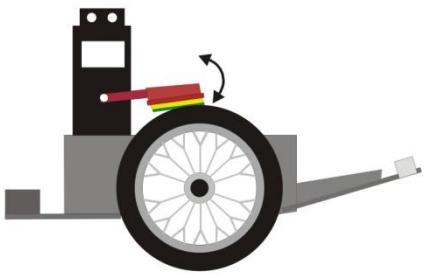


Gambar 3.2 Perancangan Mekanik Pada Mobil



Gambar 3.3 *Prototype* Mobil

Penempatan sensor ultrasonik yaitu hampir berada di tengah dengan jarak 18cm dari depan *prototype* mobil. Penempatan ini berhubungan dengan jangkauan dari sensor ultrasonik tersebut, sehingga jangkauan dari sensor ultrasonik mencakup lebar keseluruhan dari *prootype* mobil. Untuk tuas rem yaitu menggunakan lempengan besi yang terhubung dengan motor servo. Pada ujung lempengan tersebut ditempelkan sebuah kanvas rem, sehingga apabila motor servo berputar maka lempengan besi tersebut akan bergerak naik turun dan kanvas rem menyentuh roda *prototype* mobil sehingga melakukan pengereman seperti terlihat pada Gambar 3.4.



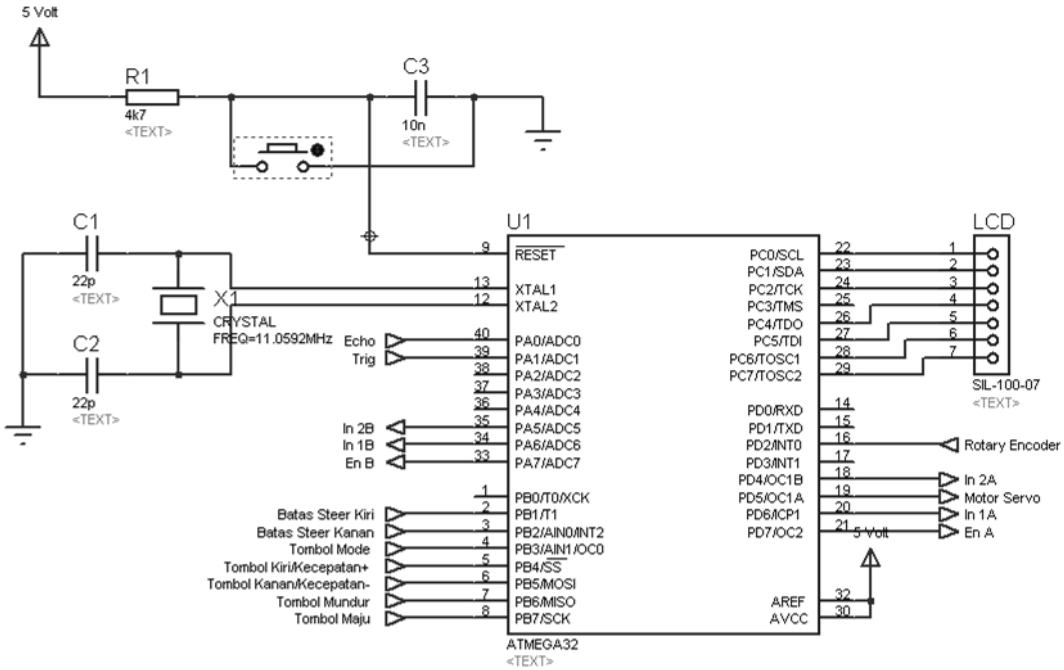
Gambar 3.4 Perancangan Pergerakan Tuas Rem

3.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada perancangan perangkat keras (*hardware*) pengereman otomatis ini, dilakukan perancangan sistem kontrol yang meliputi pembuatan rangkaian-rangkaian elektronik yang saling terintegrasi membentuk sistem kendali dengan tujuan mengendalikan kerja sistem pengereman mobil agar dapat bekerja secara otomatis.

3.4.1 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega 32

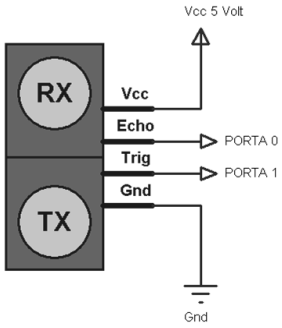
Sistem minimum ATmega 32 adalah rangkaian yang dikhususkan untuk mengoperasikan IC ATmega 32. Mikrokontroler inilah yang nantinya akan digunakan sebagai pusat pengendalian pengereman otomatis ini. Berikut Gambar 3.5 skematik dari rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega 32.



Gambar 3.5 Sistem Minimum Atmega 32

3.4.2 Rangkaian Sensor Ultrasonik SR-04

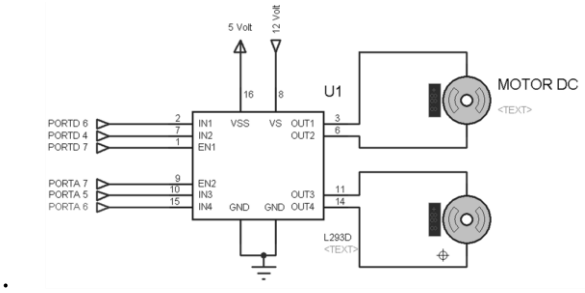
Sensor jarak menggunakan ultrasonik SR-04 adalah jenis sensor yang terdiri dari pemancar ultrasonik *(transmitter)* dan penerima ultrasonik *(receiver)*. Sensor ini bekerja dengan cara menghitung pantulan gelombang yang dibangkitkan oleh pemancar kepada obyek dan akan diterima oleh penerima ultrasonik. Ultrasonik SR-04 ini memiliki jarak deteksi dari 3cm hingga 500cm. Hasil output dari sensor ultrasonik berupa sinyal digital sehingga dapat langsung diproses oleh mikrokontroler. Rangkaian ultrasonik SR-04 ini dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian Ultrasonik

3.4.3 Rangkaian Driver Motor (L293D)

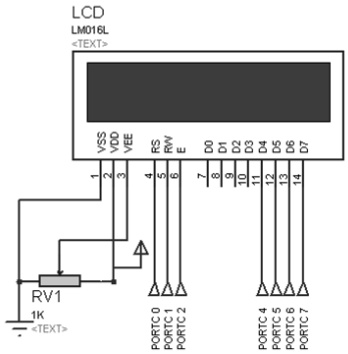
Untuk rangkaian *driver* motor menggunakan IC L293D yang didalamnya terdapat dua rangkaian *H-bridge*. Komponen ini bisa mengendalikan 2 buah motor DC mulai dari mengatur kecepatan dan juga arah putaran motor DC. Selain itu IC L293D mampu mengalirkan tegangan sampai 36 VDC dengan arus sebesar 1,2A untuk tiap kanal. Rangkaian *driver* motor L293D dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian *Driver* Motor Menggunakan L293D

3.4.4 Rangkaian Liquid Crystal Display (LCD)

Dalam perancangan pengereman mobil otomatis pada tugas akhir ini, digunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) dengan jumlah karakter 16x2. LCD digunakan sebagai indikator jarak, kecepatan, nilai PWM dan nilai keluaran rem hasil logika *fuzzy*. Rangkaian dari LCD ini dapat dilihat pada Gambar 3.8.

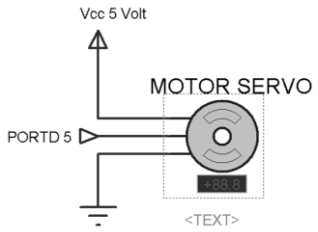


Gambar 3.8 Rangkaian *Liquid Crystal Display* (LCD)

3.4.5 Rangkaian Motor Servo

Dalam perancangan pengereman mobil otomatis pada tugas akhir ini, digunakan motor servo sebagai penggerak untuk melakukan pengereman pada *prototype* mobil. Motor servo yang digunakan adalah motor servo standard. Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.

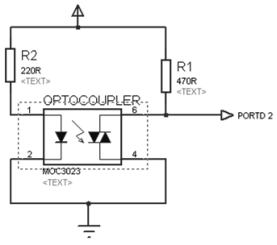
Servo analog dan digital memiliki tiga kabel. Satu kabel untuk catu positif, biasanya DC 5-6 Volt. Kabel kedua untuk ground, dan kabel ketiga merupakan kabel sinyal. *Mikrokontroler* berkomunikasi dengan motor servo melalui kabel ini, yang mengirimkan sinyal berupa pulsa. Rangkaian dari motor servo ini dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian Motor Servo

3.4.6 Rangkaian *Rotary Encoder*

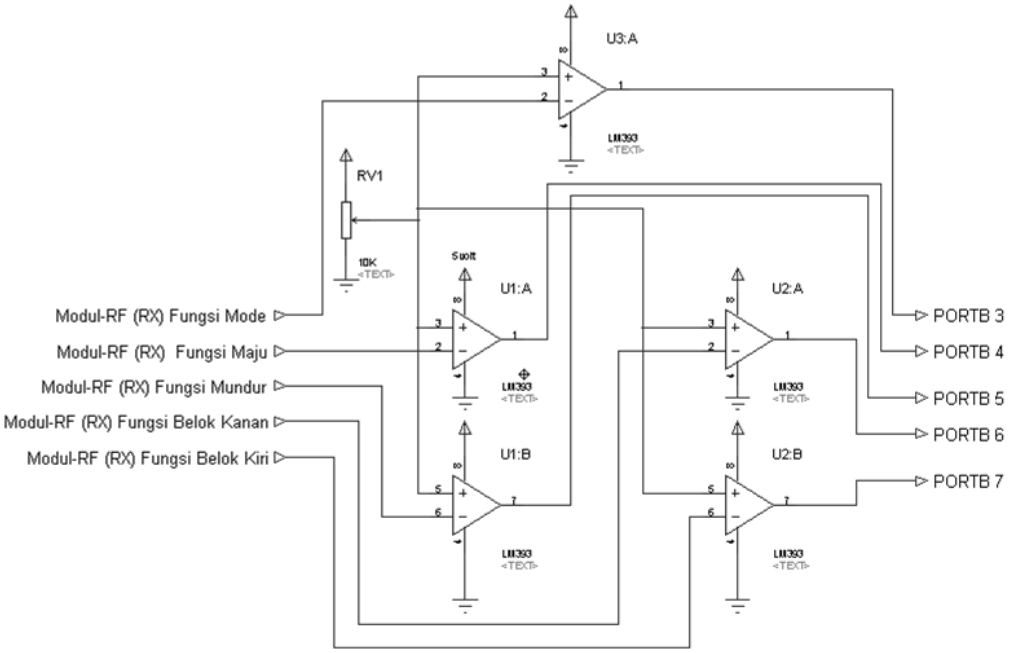
Dalam perancangan pengereman mobil otomatis pada tugas akhir ini, digunakan *rotary encoder* untuk mengukur kecepatan *prototype* mobil pada saat melaju. *Rotary encoder* terdiri dari LED dan *photo-transistor* yang akan mengalami perubahan logika bila terjadi perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan oleh pemancar (LED infra merah) untuk penerima, perubahan intensitas cahaya tersebut dihasilkan oleh piringan yang sepanjang sisi dari piringan tersebut memiliki lubang. Rangkaian *rotary encoder* untuk mengukur kecepatan dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Rangkaian *Rotary Encoder* Untuk Mengukur Kecepatan

3.4.7 Rangkaian Komparator

Dalam perancangan pengereman mobil otomatis pada tugas akhir ini, digunakan rangkaian komparator untuk menentukan keluaran dari rangkaian *receiver* modul RF termasuk ke dalam logika *high* atau *low.* IC yang digunakan pada rangkaian komparator ini adalah IC LM393N. Untuk skematik rangkaian komparator dapat dilihat pada Gambar 3.11.

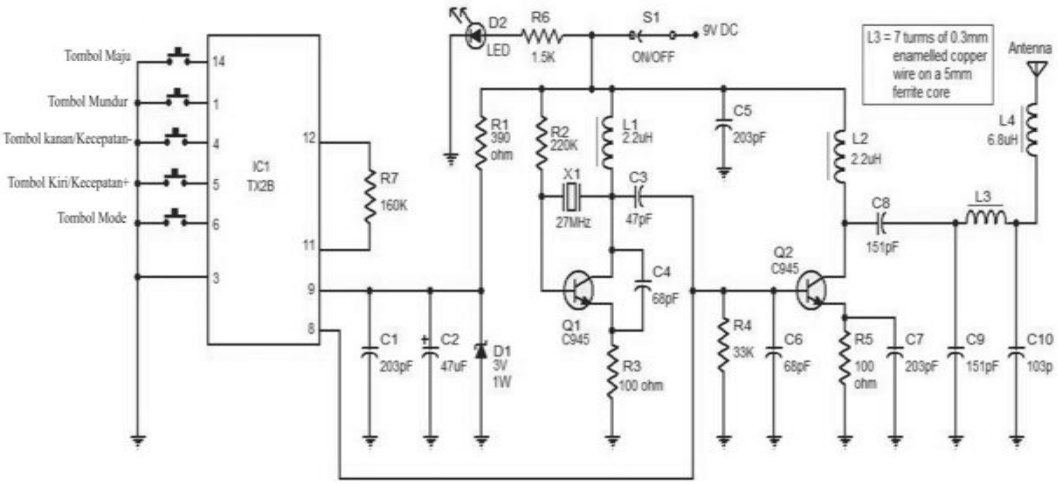


Gambar 3.11 Rangkaian Komparator

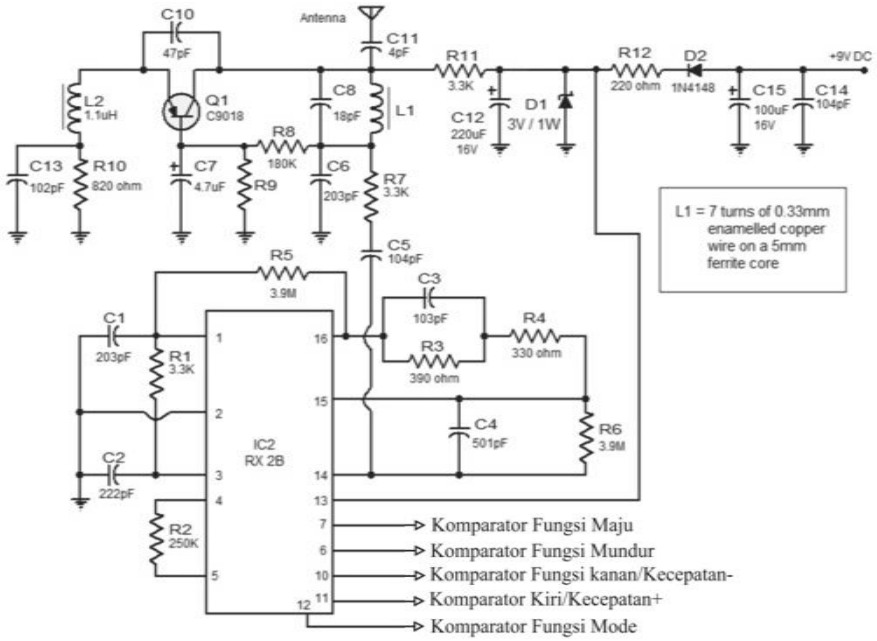
3.4.8 Rangkaian *Transmitter* dan *Receiver* Modul RF (*Radio Frequency*)

Dalam perancangan pengereman mobil otomatis pada tugas akhir ini, digunakan Modul RF (*Radio Frequency*) untuk mengendalikan *prototype* mobil. *Prototype* mobil dikendalikan agar dapat menerima perintah maju, mundur, tambah kecepatan, kurangi kecepatan, belok kanan dan belok kiri.

Modul RF (*radio Frequency*) ini terdiri dari *transmitter* sebagai pengirim dan *receiver* sebagai penerima. Untuk *transmitter* menggunakan IC TX-2B dan untuk *receiver* menggunakan IC RX-2B. Skematik rangkaian *transmitter* dapat dilihat pada Gambar 3.12 dan untuk rangkaian *receiver* dapat dilihat pada Gambar 3.13.



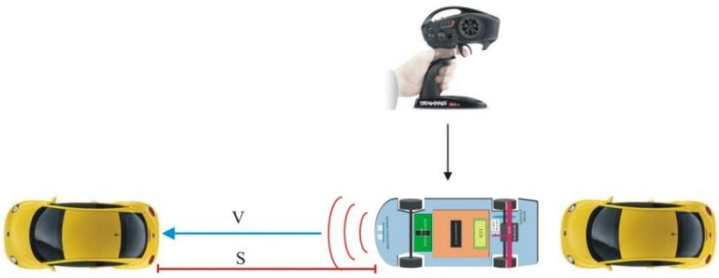
Gambar 3.12 Rangkaian *Transmitter* Modul-RF



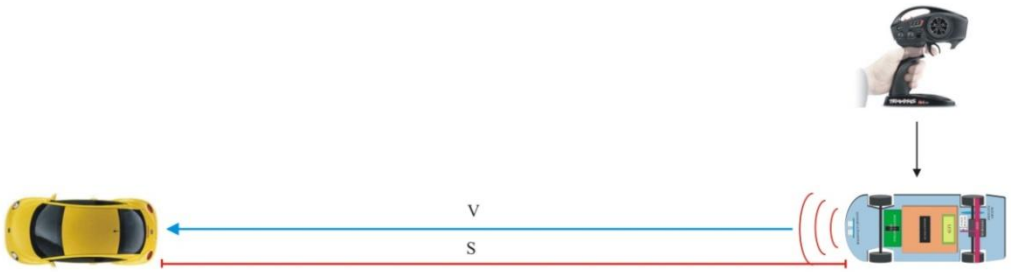
Gambar 3.13 Rangkaian *Receiver* Modul-RF

3.5 Gambaran Sistem

Pada sistem ini *prototype* mobil dikendalikan oleh *remote control* dengan memberikan perintah maju, mundur, menambah kecepatan, mengurangi kecepatan, belok kanan maupun belok kiri. Pada saat mobil melaju dan secara tiba-tiba ada hambatan di depan mobil maka sensor ultrasonik akan mengidentifikasi jarak antara mobil dengan hambatan tersebut. Selain itu *rotary encoder* pun akan mengidentifikasi kecepatan mobil pada saat melaju. Jarak dan kecepatan ini lah yang akan diproses oleh mikrokontroler dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy,* yang kemudian hasil dari perhitungan kontrol logika *fuzzy* tersebut berupa persentase rem. Persentase rem tersebut oleh mikrokontroler digunakan untuk memberi perintah pada motor servo (pengontrol rem) dan melakukan pengereman secara otomatis. Pada saat mobil melaju dengan kecepatan tinggi seperti pada saat jalanan lengang dan secara tiba-tiba sensor ultrasonik mengidentifikasi hambatan maka dari jarak jauh pengereman otomatis sudah dilakukan secara perlahan untuk mengurangi kecepatan laju mobil tersebut sehingga ketika posisi mobil semakin dekat dengan hambatan, mobil baru akan akan melakukan pengereman secara penuh sehingga tidak mengurangi kenyamanan dan keselamatan pada saat berkendara seperti pada Gambar 3.15. Selain itu, pada saat mobil melaju dengan kecepatan lambat seperti pada saat jalanan dalam keadaan macet, pengereman akan dilakukan pada jarak yang lebih dekat sehingga mobil akan langsung melakukan pengereman secara penuh seperti pada Gambar 3.14.

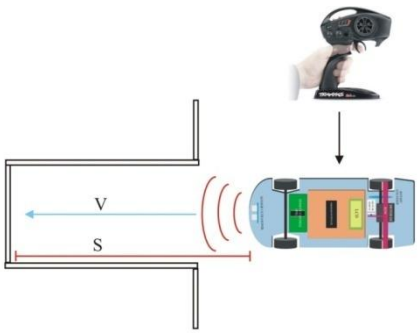


Gambar 3.14 Proses Pengereman Otomatis Pada Kecepatan Rendah



Gambar 3.15 Proses Pengereman Otomatis Pada Kecepatan Tinggi

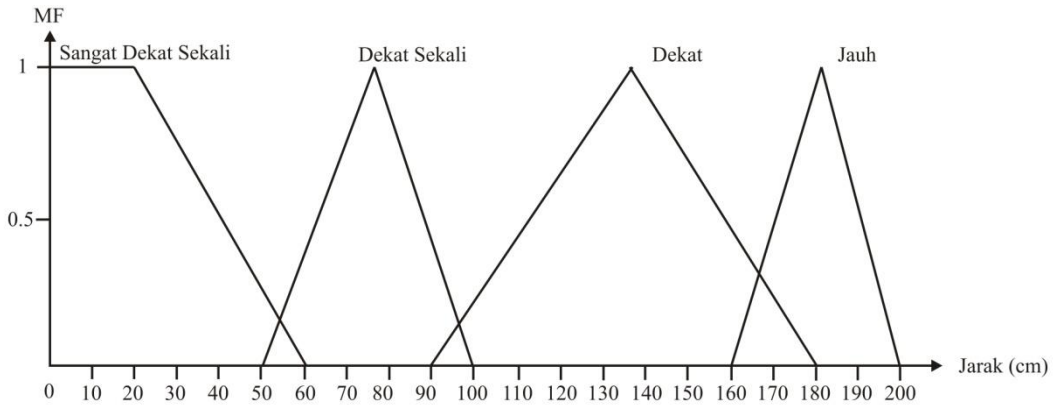
Pada sistem ini pun dirancang agar mobil dapat masuk ke dalam daerah sempit seperti garasi yang memiliki lebar jalan hampir sama ukuran nya dengan *prototype* mobil tersebut seperti pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 *Prototype* Mobil Masuk Ke Daerah Sempit

3.6 Kontrol Logika Fuzzy

Kontrol logika *fuzzy* pada perancangan ini terdapat dua masukan, yaitu kecepatan dari mobil dan jarak antara mobil dengan hambatan di depannya. Sedangkan untuk keluaran aturan pengontrolan rem ini hanya terdapat satu keluaran yaitu rem pada mobil. Setiap keluaran tersebut diproses dengan aturan yang berlaku pada pengereman mobil yang telah ditentukan. Setiap *input* dari logika *fuzzy* ini mempunyai nilai keanggotaan (*membership function*) yang direpresenatasikan dalam bentuk kurva segitiga dan trapesium. Operator "*AND*" digunakan untuk mengkombinasikan dan memodifikasi kedua masukan. Untuk nilai keanggotaan (*membership function*) Jarak dapat dilihat pada Gambar 3.17, untuk kecepatan dapat dilihat pada Gambar 3.18, dan untuk persentase rem dapat dilihat pada Gambar 3.19.

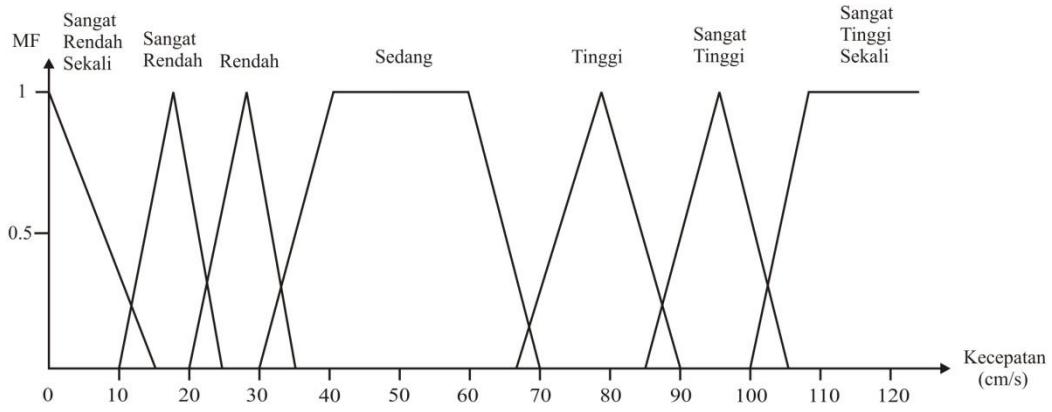


Gambar 3.17 *Membership Function* Untuk Jarak

Keterangan:

- Jarak sangat dekat sekali direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai domain diantara 0cm – 60cm.

- Jarak sangat dekat direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 50cm – 100cm.
- Jarak dekat direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 90cm - 180cm.
- Jarak jauh direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 160cm - 200cm.

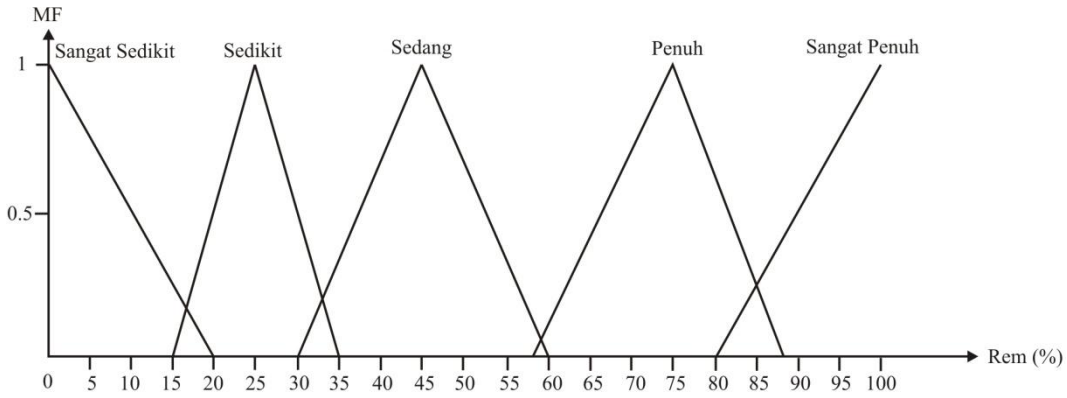


Gambar 3.18 *Membership Function* Untuk Kecepatan

Keterangan:

- Kecepatan sangat rendah sekali direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 0cm/s – 15cm/s.
- Kecepatan sangat rendah direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 10cm/s – 25cm/s.
- Kecepatan rendah direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 20cm/s - 35cm/s.
- Kecepatan sedang direpresentasikan dengan kurva trapesium dengan nilai domain diantara 30cm/s- 70cm/s.
- Kecepatan tinggi direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 68cm/s - 90cm/s.

- Kecepatan sangat tinggi direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 85cm/s - 105cm/s.
- Kecepatan sangat tinggi sekali direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 100cm/s - 120cm/s.



Gambar 3.19 *Membership Function* Untuk Persentase Rem

Keterangan:

- Pengereman sangat sedikit direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 0% – 20%.
- Pengereman sedikit direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 15% – 35%.
- Pengereman sedang direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 30% - 60%.
- Pengereman penuh direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 58% - 88%.
- Pengereman sangat penuh direpresentasikan dengan kurva segitiga dengan nilai domain diantara 80% - 100%.

Sedangkan untuk *rule Fuzzy* diperoleh dengan dengan cara mengukur dan melakukan percobaan pada sistem pengereman otomatis ini ini. *Rule* pada sistem pengereman secara otomatis ini sebanyak 28 *rule* dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 *Rule* Fuzzy Pada Sistem Pengereman Mobil

Kecepatan / Jarak	**Sangat rendah sekali**	**Sangat rendah**	**Rendah**	**Sedang**	**Tinggi**	**Sangat tinggi**	**Sangat tinggi sekali**
Sangat dekat sekali	Rem sedikit	Rem sedikit	Rem sedang	Rem penuh	Rem sangat penuh	Rem sangat penuh	Rem sangat penuh
Sangat dekat	Rem sangat sedikit	Rem sedikit	Rem sedikit	Rem sedang	Rem penuh	Rem sangat penuh	Rem sangat penuh
Dekat	Rem sangat sedikit	Rem sangat sedikit	Rem sedikit	Rem sedikit	Rem sedang	Rem penuh	Rem sangat penuh
Jauh	Rem sangat sedikit	Rem sangat sedikit	Rem sangat sedikit	Rem sedikit	Rem sedang	Rem sedang	Rem penuh

Keterangan dari *rule* di atas:

- *Rule* 1 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “sangat rendah sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 2 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 3 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedang”.
- *Rule* 4 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.

- *Rule* 5 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat penuh”.
- *Rule* 6 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “sangat tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat penuh”.
- *Rule* 7 : jika jarak “sangat dekat sekali” dan kecepatan “sangat tinggi sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat penuh”.
- *Rule* 8 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sangat rendah sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat sedikit”.
- *Rule* 9 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 10 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 11 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “sedang”.
- *Rule* 12 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.
- *Rule* 13 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sangat tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat penuh”.
- *Rule* 14 : jika jarak “sangat dekat” dan kecepatan “sangat tinggi sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat penuh”.
- *Rule* 15 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sangat rendah sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat sedikit”.
- *Rule* 16 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat sedikit”.

- *Rule* 17 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 18 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 19 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sedang”.
- *Rule* 20 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sangat tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.
- *Rule* 21 : jika jarak “dekat” dan kecepatan “sangat tinggi sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat penuh”.
- *Rule* 22 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sangat rendah sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat sedikit”.
- *Rule* 23 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sangat rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat sedikit”.
- *Rule* 24 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “rendah” maka pengereman yang dilakukan akan “sangat sedikit”.
- *Rule* 25 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sedang” maka pengereman yang dilakukan akan “sedikit”.
- *Rule* 26 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sedang”.
- *Rule* 27 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sangat tinggi” maka pengereman yang dilakukan akan “sedang”.
- *Rule* 28 : jika jarak “jauh” dan kecepatan “sangat tinggi sekali” maka pengereman yang dilakukan akan “penuh”.

Berikut adalah contoh perhitungan manual persentase pengereman dengan logika *fuzzy* menggunakan *membershif function* dan *rule* diatas. Dengan contoh kasus, dimana mobil melaju dengan kecepatan 103 cm/s dan jarak 150 cm.

Membership function jarak.

- μ sangat dekat sekali $= (\ 20,\ 60)$

$$max\left(min\ \left(1,\frac{d-x}{d-c}\right),0\right) = max\left(min\ \left(1,\frac{60-150}{60-20}\right),0\right) = 0$$

- μ dekat sekali $= (50,\ 75,\ 100)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{150-50}{75-50}\ ,\frac{100-150}{100-75}\right),0\right) = 0$$

- μ dekat $= (90,\ 135,\ 180)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{150-90}{135-90}\ ,\frac{180-150}{180-135}\right),0\right) = 0.7$$

- μ jauh $= (160,\ 180,\ 200)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{150-160}{180-160}\ ,\frac{200-150}{200-180}\right),0\right) = 0$$

Membership function kecepatan

- μ sangat rendah sekali $= (-15,\ 0,\ 15)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-(-15)}{0-(-15)}\ ,\frac{15-103}{15-0}\right),0\right) = 0$$

- μ sangat rendah $= (10,\ 17.5,\ 25)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-10}{17.5-10}\ ,\frac{25-103}{25-17.5}\right),0\right) = 0$$

- μ rendah $= (20,\ 27.5, 35)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-20}{27.5-20}\ ,\frac{35-103}{35-27.5}\right),0\right) = 0$$

- μ sedang $= (30\ , 40\ ,\ 60,\ 70)$

$$max\left(min\ \left(\frac{x-a}{b-a}\ ,1,\frac{d-x}{d-c}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-30}{40-30}\ ,1,\frac{70-103}{70-60}\right),0\right) = 0$$

- μ tinggi $= (58,\ 78, 88)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-58}{78-58}\ ,\frac{88-103}{88-78}\right),0\right) = 0$$

- μ sangat tinggi $= (85,\ 95, 105)$

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}\ ,\frac{c-x}{c-b}\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-85}{95-85}\ ,\frac{105-103}{105-95}\right),0\right) = 0.2$$

- μ sangat tinggi sekali $= (100\ , 108\ )$

$$max\left(min\ \left(\frac{x-a}{b-a}\ ,1\right),0\right) = max\left(min\ \left(\frac{103-100}{108-100}\ ,1\right),0\right) = 0.375$$

W1 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ sangat rendah sekali$) = \min(0, 0) = 0$

W2 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ sangat rendah$) = \min(0, 0) = 0$

W3 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ rendah$) = \min(0, 0) = 0$

W4 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ sedang$) = \min(0, 0) = 0$

W5 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ tinggi$) = \min(0, 0) = 0$

W6 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ sangat tinggi$) = \min(0, 0.2) = 0$

W7 = $\min(\mu$ sangat dekat sekali, μ sangat tinggi sekali$) = \min(0, 0.375) = 0$

W8 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ sangat rendah sekali$) = \min(0, 0) = 0$

W9 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ sangat rendah$) = \min(0, 0) = 0$

W10 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ rendah$) = \min(0, 0) = 0$

W11 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ sedang$) = \min(0, 0) = 0$

W12 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ tinggi$) = \min(0, 0) = 0$

W13 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ sangat tinggi$) = \min(0, 0.2) = 0$

W14 = $\min(\mu$ sangat dekat , μ sangat tinggi sekali$) = \min(0, 0.375) = 0$

W15 = $\min(\mu$ dekat , μ sangat rendah sekali$) = \min(0.7, 0) = 0$

W16 = $\min(\mu$ dekat , μ sangat rendah$) = \min(0.7, 0) = 0$

W17 = $\min(\mu$ dekat , μ rendah$) = \min(0.7\ 0) = 0$

W18 = min(μ sangat dekat sekali, μ sedang) = min(0.7, 0) = 0

W19 = min(μ dekat , μ tinggi) = min(0.7, 0) = 0

W20 = min(μ dekat , μ sangat tinggi) = min(0.7, 0.2) = 0.2

W21 = min(μ dekat , μ sangat tinggi sekali) = min(0.7, 0.375) = 0.375

W22 = min(μ jauh , μ sangat rendah sekali) = min(0, 0) = 0

W23 = min(μ jauh , μ sangat rendah) = min(0. 0) = 0

W24 = min(μ jauh , μ rendah) = min(0, 0) = 0

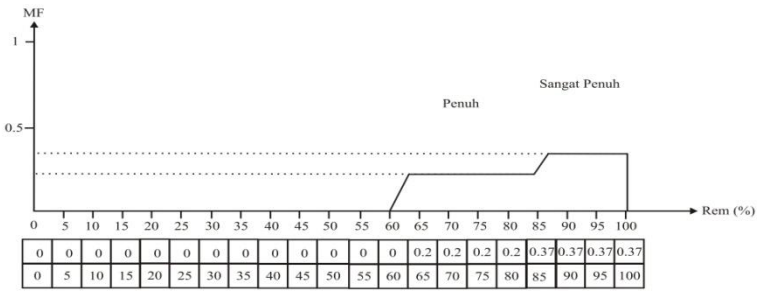
W25 = min(μ jauht dekat sekali, μ sedang) = min(0, 0) = 0

W26 = min(μ jauh , μ tinggi) = min(0, 0) = 0

W27 = min(μ jauh , μ sangat tinggi) = min(0, 0.2) = 0

W28 = min(μ jauh , μ sangat tinggi sekali) = min(0, 0.375) = 0

Selanjutnya menghitung nilai *centroid of area*, hasil perhitungan dari W1 sampai W28 digunakan untuk menentukan besarnya nilai rem pada setiap *rule*. Pada W20 dan W21 didapat nilai 0,2 dan 0,375, untuk W21 adalah menunjukan *rule* 21 yang berarti jika jarak "dekat" dan kecepatan "sangat tinggi sekali" maka pengereman yang dilakukan akan "sangat penuh", sedangkan W20 adalah menunjukan *rule* 20 yang berarti jika jarak "dekat" dan kecepatan "sangat tinggi" maka pengereman yang dilakukan akan "penuh". . Sehingga dari *rule* tersebut didapat nilai persentase rem seperti pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Menentukan Nilai Persentase Rem

$$out = \frac{\begin{pmatrix} 0 \times 0 + 5 \times 0 + 10 \times 0 + 15 \times 0 + 20 \times 0 + 25 \times 0 + 30 \times 0 + 35 \times 0 + 40 \times 0 + \\ 45 \times 0 + 50 \times 0 + 55 \times 0 + 60 \times 0 + 65 \times 0.2 + 70 \times 0.2 + 75 \times 0.2 + 80 \times 0.2 + \\ 85 \times 0.375 + 90 \times 0.375 + 95 \times 0.375 + 100 \times 0.375 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + \\ 0.2 + 0.375 + 0.375 + 0.375 + 0.375 \end{pmatrix}}$$

out = 85.5%

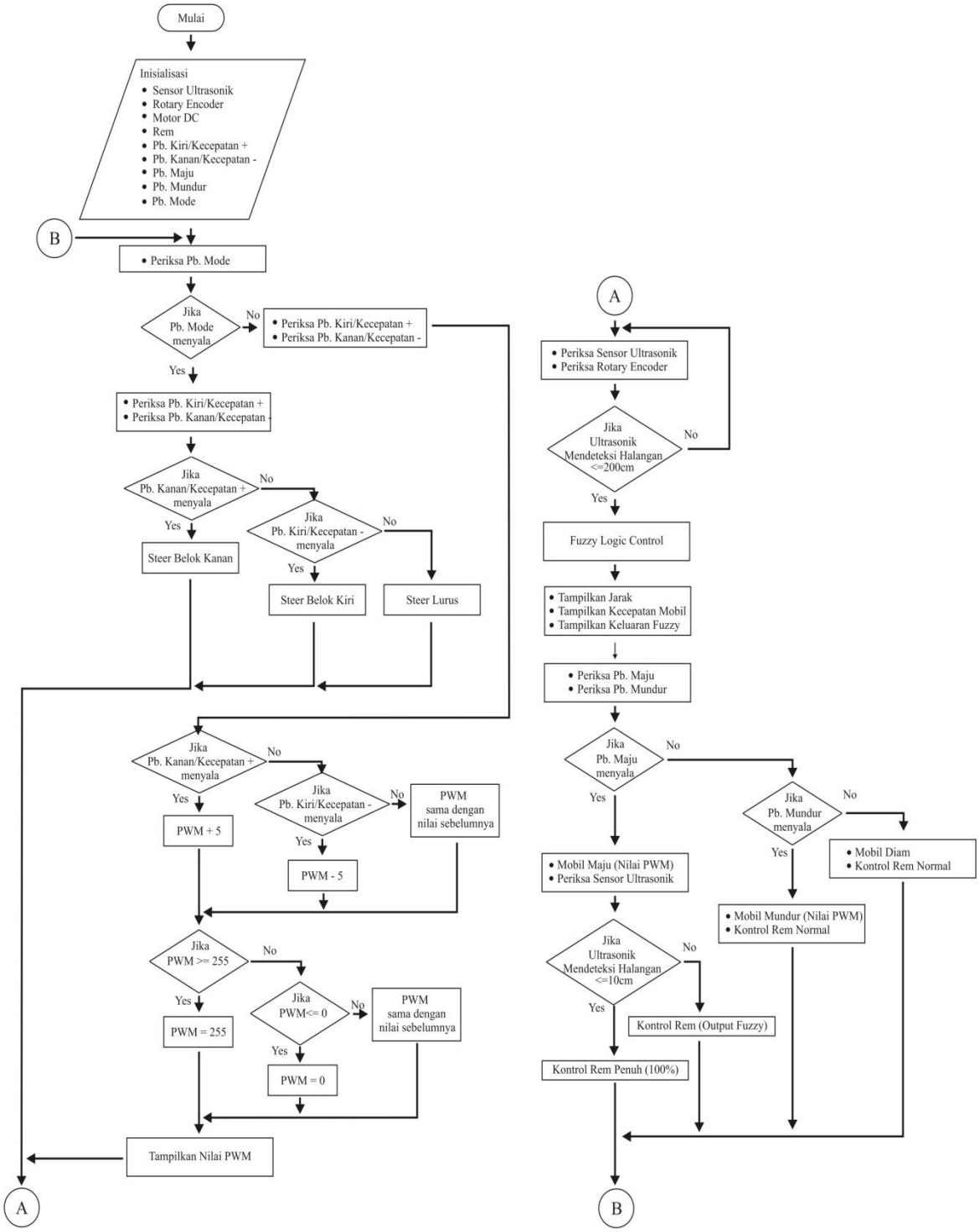
Dari hasil perhitungan, pada saat mobil melaju dengan kecepatan 103 cm/s dan jarak antara mobil dengan hambatan di depan adalah 150 cm maka persentase pengereman adalah sebesar 85.5%.

3.7 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (*software*) bertujuan untuk menentukan setiap alur eksekusi dari perangkat sistem pengereman otomatis yang dirancang. Setiap masukan akan diterima dan diproses oleh perangkat lunak (*software*) yang nantinya akan menentukan keluaran (*output*) dari sistem. alur kerja (*flowchart*) dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.21.

Berikut adalah penjelasan diagram alur sistem pengereman secara otomatis. Pertama yaitu menyalakan tombol mode, dan kemudian menentukan nilai PWM untuk mengatur kecepatan mobil pada saat melaju melalui *remote control*, apabila diberi perintah untuk menambah kecepatan maka nilai PWM akan bertambah 5 secara akumulasi, kemudian apabila diberi perintah mengurangi kecepatan maka nilai PWM akan berkurang 5 secara akumulasi. Ketika nilai PWM sudah mencapai nilai maksimum yaitu 255 maka apabila diberikan perintah untuk menambah kecepatan, nilai tersebut tetap akan bernilai 255. Dan ketika nilai PWM bernilai 0 apabila diberi perintah untuk mengurangi kecepatan nilai

tersebut tetap akan bernilai 0. Nilai PWM tersebut kemudian ditampilkan pada LCD. Selanjutnya mematikan tombol mode, agar tombol tambah kecepatan digunakan untuk memberi perintah agar mobil belok kiri dan tombol kurangi kecepatan digunakan untuk memberi perintah agar belok kanan.



Gambar 3.21 Diagram Alur Sistem Pengereman Secara Otomatis

Kemudian sensor ultrasonik dan *rotary encoder* akan mendeteksi hambatan dan mendeteksi kecepatan mobil. Apabila sensor ultrasonik mendeteksi adanya hambatan dengan jarak lebih dari sama dengan 200 cm maka kedua nilai variabel jarak dan kecepatan akan diproses oleh kontrol logika *fuzzy*, sedangkan apabila sensor ultrasonik mendeteksi hambatan dengan jarak lebih dari 200cm maka mikrokontroler akan memberi perintah pada ultrasonik untuk mendeteksi kembali hingga jarak antara mobil dengan hambatan kurang dari sama dengan 200cm. Nilai jarak hasil deteksi dari sensor ultrasonik, nilai kecepatan hasil deteksi *rotary encoder*, dan nilai keluaran dari hasil perhitungan logika *fuzzy* akan ditampilkan pada LCD. Selanjutnya ketika *remote control* memberi perintah maju maka *prototype* mobil akan berjalan maju dengan kecepatan sesuai dengan nilai PWM, dan pengereman dilakukan secara otomatis. Apabila jarak yang dideteksi oleh sensor ultrasonik lebih dari 10cm maka nilai persentase rem menggunakan keluaran hasil perhitungan logika *fuzzy*, dan apabila jarak yang dideteksi kurang dari sama dengan 10cm maka persentase rem bernilai 100% atau melakukan pengereman penuh. Ketika *remote control* memberi perintah mudur maka mobil akan berjalan mundur sesuai dengan nilai PWM, dan pengereman dilakukan secara normal tanpa menggunakan hasil keluaran dari perhitungan logika *fuzzy* begitu pun ketika mobil tersebut dalam keadaan diam. Proses ini akan terus berlangsung ketika mobil tersebut dalam keadaan menyala.