BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi tentang uraian mengenai proses pengujian sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Pengujian tersebut meliputi pengujian pengereman *prototype* mobil pada saat kecepatan tinggi, pengujian pengereman *prototype* mobil pada saat kecepatan rendah, pengujian *prototype* mobil pada saat masuk ke dalam daerah sempit, dan pengujian karakteristik *membership function* pada logika *fuzzy* yang digunakan. Selanjutnya dari hasil pengujioan tersebut akan dilakukan analisis untuk memastikan sistem dapat berjalan sesuai target yang diharapkan.

4.1 Pengujian Pengereman Pada Saat Kecepatan Tinggi

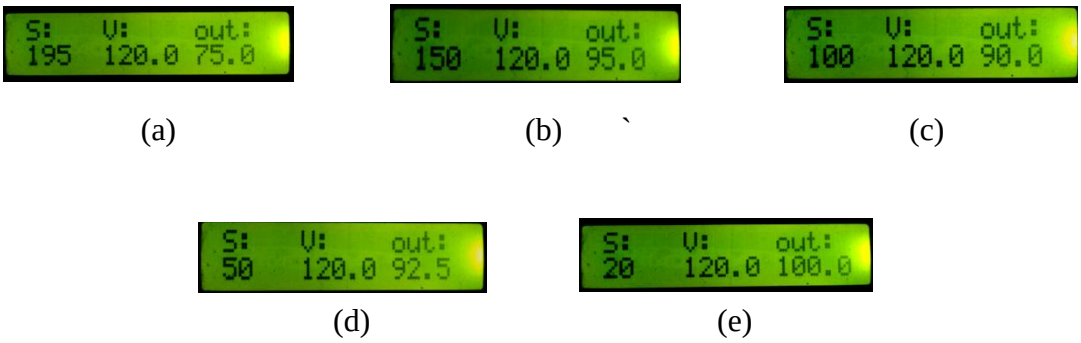
Pada proses ini akan dilakukan pengujian pengereman pada saat mobil melaju dengan kecepatan tinggi. Pengereman kecepatan tinggi diasumsikan pada saat mobil melaju dengan kecepatan tinggi ketika kondisi jalanan lengang. Apabila di depan mobil ada hambatan, dari jarak jauh hambatan tersebut sudah terdeteksi oleh sensor jarak sehingga dari jarak jauh pengereman sudah dilakukan dengan menggunakan nilai persentase rem dari hasil perhitungan logika *fuzzy*. Pada prototype mobil ini kecepatan maksimum yang terukur oleh *rotary encoder* adalah 140 cm/s.

4.1.1 Pengujian Logika *Fuzzy* Pada Saat Kecepatan Tinggi

Pengujian logika *fuzzy* ini bertujuan untuk mengetahui proses pengendalian sistem pada saat pengereman otomatis ketika mobil melaju dengan

kecepatan tinggi. Logika *fuzzy* yang digunakan ini diprogram ke dalam mikrokontroler sebagai pusat pengendalian sistem. Masukkan logika *fuzzy* pada tugas akhir ini berupa jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan yang dideteksi oleh sensor SR-04 dan kecepatan *prototype* mobil pada saat melaju yang dideteksi oleh *rotary encoder*. Untuk keluaran dari hasil perhitungan logika *fuzzy* yaitu berupa nilai persentase rem.

Pengujian logika *fuzzy* ini dilakukan menggunakan program yang dibuat menggunakan *software* Codevision AVR. Pengujian dilakukan dengan memasukkan nilai variabel *input* logika *fuzzy* berupa kecepatan dan jarak, selanjutnya perhitungan akan dilakukan pada mikrokontroler dan hasil perhitungannya akan ditampilkan pada LCD.



(a) (b) ` (c)

(d) (e)

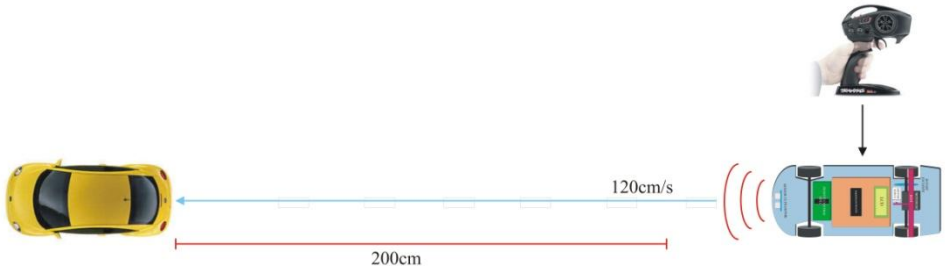
Gambar 4.1 Pengujian Perhitungan Logika *Fuzzy* Dengan Kecepatan 120cm/s

Pada Gambar 4.1 (a) terlihat bahwa ketika kecepatan 120cm/s yang ditunjukkan oleh simbol V dan jarak 195cm yang ditunjukkan oleh simbol S, persentase pengereman hasil perhitungan logika *fuzzy* adalah 75% ini diasumsikan terjadi pada saat pengereman ketika kecepatan tinggi dan jarak jauh. Selanjutnya pada Gambar 4.1 (b), Gambar 4.1 (c), dan Gambar 4.1 (d) terjadi

perubahan persentase rem secara naik turun seiring dengan bertambahnya nilai jarak. Ketika jarak 20cm dan kecepatan 120cm/s persentase rem menunjukkan 100% yang berarti rem yang dilakukan sangat penuh, ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 (e).

4.1.2 Pengujian Pengereman *Prototype* Mobil Pada Saat Melaju Dengan Kecepatan Tinggi

Pengujian dilakukan dengan cara menentukan kecepatan *prototype* mobil dalam kecepatan tinggi dan menempatkan hambatan di depan mobil dengan jarak lebih dari 200cm. 200cm adalah nilai maksimum dari *membership function* jarak pada logika *fuzzy*. Apabila hambatan ditempatkan pada jarak kurang dari 200cm, maka ketika mobil melaju pengereman akan langsung dilakukan dengan nilai persentase rem dari hasil perhitungan logika *fuzzy*.



Gambar 4.2 Gambaran Pengereman Pada Saat Kecepatan Tinggi

Pada Gambar 4.2 terlihat jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan lebih dari 200cm, ini memungkinkan *prototype* mobil dapat melaju dengan kecepatan tinggi sebelum dilakukan pengereman. Pengereman baru akan dilakukan ketika memasuki jarak kurang dari 200cm, dan pengereman penuh akan dilakukan ketika berjarak ± 10cm.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Prototype* Mobil Pada Kecepatan 80cm/s

No	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Jarak Berhenti	Waktu Yang Ditempuh	Rem Berhasil		Perlambatan Hasil Pengujian	Perlambatan Ideal Hasil Perhitungan
					Y	T		
1	80 cm/s	100 cm	5 cm	2.55 s	√		$-31.37\ cm/s^2$	$-32\ cm/s^2$
2		110 cm	5.5 cm	2.74 s	√		$-29.19\ cm/s^2$	$-29.09\ cm/s^2$
3		120 cm	5 cm	3.02 s	√		$-25{,}16\ cm/s^2$	$-26.67\ cm/s^2$
4		130 cm	6 cm	3.18 s	√		$-22.53\ cm/s^2$	$-24.61\ cm/s^2$
5		140 cm	5 cm	3.55 s	√		$-21.27\ cm/s^2$	$-22.86\ cm/s^2$
6		150 cm	7 cm	3.76 s	√		$-21.3\ cm/s^2$	$-21.33\ cm/s^2$
7		160 cm	7 cm	4.08 s	√		$-19.6\ cm/s^2$	$-20\ cm/s^2$
8		170 cm	8 cm	4.29 s	√		$-18.64\ cm/s^2$	$-18.82\ cm/s^2$
9		180 cm	6 cm	4.58 s	√		$-17.46\ cm/s^2$	$-17.77\ cm/s^2$
10		190 cm	6 cm	4.72 s	√		$-16.95\ cm/s^2$	$-16.84\ cm/s^2$
11		200 cm	5 cm	4.95 s	√		$-16.16\ cm/s^2$	$-16\ cm/s^2$
Total					11	0	$-239.63\ cm/s^2$	$-245.99 cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{11}{11} \times 100\% = 100\%$			$\frac{(-239.63)}{(-245.99)} \times 100\% = 97.41\%$	

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Prototype* Mobil Pada Kecepatan 100cm/s

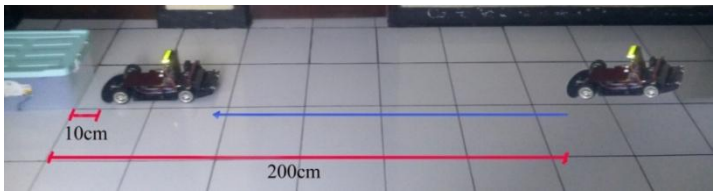
No	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Jarak Berhenti	Waktu Yang Ditempuh	Rem Berhasil		Perlambatan Hasil Pengujian	Perlambatan Ideal Hasil Perhitungan
					Y	T		
1	100 cm/s	100 cm	6 cm	2.03 s	√		$-49.26\ cm/s^2$	$-50\ cm/s^2$
2		110 cm	5 cm	2.21 s	√		$-45.25\ cm/s^2$	$-45.45\ cm/s^2$
3		120 cm	8 cm	2.33 s	√		$-42.91\ cm/s^2$	$-41.67\ cm/s^2$
4		130 cm	7.5 cm	2.57 s	√		$-38.91\ cm/s^2$	$-38.46\ cm/s^2$
5		140 cm	7.5 cm	2.82 s	√		$-35.46\ cm/s^2$	$-31.37\ cm/s^2$
6		150 cm	6 cm	2.96 s	√		$-33.78\ cm/s^2$	$-33.33\ cm/s^2$
7		160 cm	6.5 cm	3.08 s	√		$-32.46\ cm/s^2$	$-31.25\ cm/s^2$
8		170 cm	6 cm	3.34 s	√		$-29.94\ cm/s^2$	$-29.41\ cm/s^2$
9		180 cm	7 cm	3.58 s	√		$-27.93\ cm/s^2$	$-27.77\ cm/s^2$
10		190 cm	6 cm	3.82 s	√		$-26.17\ cm/s^2$	$-26.31\ cm/s^2$
11		200 cm	6 cm	4.04 s	√		$-24.75\ cm/s^2$	$-25\ cm/s^2$
Total					11	0	$-386.82\ cm/s^2$	$-380.02\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{11}{11} \times 100\% = 100\%$			$\frac{(-380.02)}{(-386.82)} \times 100\% = 98.24\%$	

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Prototype* Mobil Pada Kecepatan 120cm/s

No	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Jarak Berhenti	Waktu Yang Ditempuh	Rem Berhasil		Perlambatan Hasil Pengujian	Perlambatan Ideal Hasil Perhitungan
					Y	T		
1	120 cm/s	100 cm	5 cm	1.74 s	√		$-68.96\ cm/s^2$	$-72\ cm/s^2$
2		110 cm	8 cm	1.83 s	√		$-65.57\ cm/s^2$	$-65.45\ cm/s^2$
3		120 cm	7 cm	1.97 s	√		$-60.91\ cm/s^2$	$-60\ cm/s^2$
4		130 cm	6 cm	2.17 s	√		$-55.30\ cm/s^2$	$-55.38\ cm/s^2$
5		140 cm	7.5 cm	2.33 s	√		$-51.50\ cm/s^2$	$-51.42\ cm/s^2$
6		150 cm	5.5 cm	2.52 s	√		$-47.61\ cm/s^2$	$-48\ cm/s^2$
7		160 cm	7.5 cm	2.71 s	√		$-44.28\ cm/s^2$	$-45\ cm/s^2$
8		170 cm	5 cm	2.84 s	√		$-42.25\ cm/s^2$	$-42.35\ cm/s^2$
9		180 cm	8 cm	2.98 s	√		$-40.26\ cm/s^2$	$-40\ cm/s^2$
10		190 cm	5 cm	3.16 s	√		$-37.97\ cm/s^2$	$-37.89\ cm/s^2$
11		200 cm	5 cm	3.34 s	√		$-35.93\ cm/s^2$	$-36\ cm/s^2$
Total					11	0	$-550.54\ cm/s^2$	$-553.49\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{11}{11} \times 100\% = 100\%$			$\frac{(-550.54)}{(-553.49)} \times 100\% = 99.47\%$	

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa ketika *prototype* mobil melaju dengan kecepatan tinggi dan hambatan berjarak dari 200cm hingga 100cm secara keseluruhan *prototype* mobil berhasil melakukan pengereman dengan rata-rata keberhasilan mencapai 100% sehingga berhenti melaju dengan jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan berkisar antara 8cm – 5cm. Untuk nilai persentase perlambatan pada kecepatan 120 cm/s yaitu bernilai 99.47%, nilai perlambatan ini adalah yang terbaik bila dibandingkan dengan nilai persentase perlambatan pada kecepatan 100 cm/s dengan nilai 98,24% dan pada kecepatan 80 cm/s dengan nilai 97,41%. Jarak berhenti *prototype* mobil ini dipengaruhi oleh respon pergerakan motor servo sebagai penggerak tuas rem terhadap kecepatan mobil pada saat melaju dengan kecepatan tinggi. Untuk nilai perlambatan ketika kondisi jarak pada saat melakukan pengereman hingga mobil

berhenti sama namun kecepatan awalnya berbeda menunjukan bahwa semakin cepat mobil itu melaju maka semakin besar pula perlambatan yang dilakukan, namun dalam segi malah berbanding terbalik. Dimana ketika kondisi jarak pada saat melakukan pengereman hingga mobil berhenti sama namun kecepatan awalnya berbeda maka semakin tinggi kecepatan awal mobil tersebut semakin cepat waktu yang dilakukan untuk melakukan pengereman sampai mobil tersebut berhenti. Sebaliknya semakin lambat kecepatan awal mobil tersebut maka semakin lama pula waktu yang dilakukan untuk melakukan pengereman sampai mobil tersebut berhenti.



Gambar 4.3 Pengujian Pengereman *Prototype* Mobil Pada Kecepatan Tinggi

Berikut Gambar 4.3 terlihat bahwa mobil melaju dari jarak 200cm dengan kecepatan tinggi. Dari jarak tersebut *prototype* mobil melakukan pengereman dengan nilai persentase rem dari hasi perhitungan logika *fuzzy* sampai mobil berhenti dengan jarak ±10cm dari hambatan.

4.2 Pengujian Pengereman Pada Saat Kecepatan Rendah

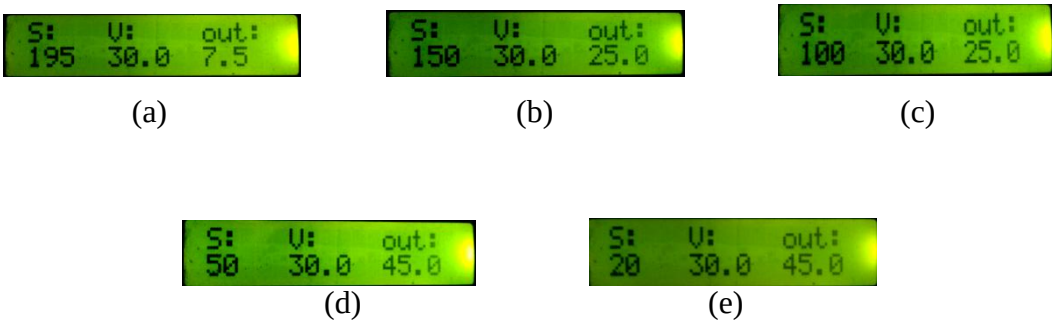
Pada proses ini akan dilakukan pengujian pengereman pada saat mobil melaju dengan kecepatan rendah. Pengereman kecepatan rendah diasumsikan pada saat mobil melaju dengan kecepatan rendah ketika kondisi jalanan padat ataupun ketika jalanan macet. Pada kondisi ini jarak antara mobil dengan kendaraan lain lebih dekat berbeda dengan ketika jalanan lengang. Sehingga

pengereman harus dilakukan dengan cepat sebelum mobil menabrak kendaraan lain. Pada prototype mobil ini kecepatan minimum yang terukur oleh *rotary encoder* adalah 20,4cm/s.

4.2.1 Pengujian Logika *Fuzzy* Pada Saat Kecepatan Rendah

Pengujian logika *fuzzy* ini bertujuan untuk mengetahui proses pengendalian sistem pada saat pengereman otomatis ketika mobil melaju dengan kecepatan rendah. Logika *fuzzy* yang digunakan ini diprogram ke dalam mikrokontroler sebagai pusat pengendalian sistem. Masukkan logika *fuzzy* pada tugas akhir ini berupa jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan yang dideteksi oleh sensor SR-04 dan kecepatan *prototype* mobil pada saat melaju yang dideteksi oleh *rotary encoder*. Untuk keluaran dari hasil perhitungan logika *fuzzy* yaitu berupa nilai persentase rem.

Pengujian logika *fuzzy* ini dilakukan menggunakan program yang dibuat menggunakan *software* Codevision AVR. Pengujian dilakukan dengan memasukkan nilai variabel *input* logika *fuzzy* berupa kecepatan dan jarak, selanjutnya perhitungan akan dilakukan pada mikrokontroler dan hasil perhitungannya akan ditampilkan pada LCD.



(a) (b) (c)

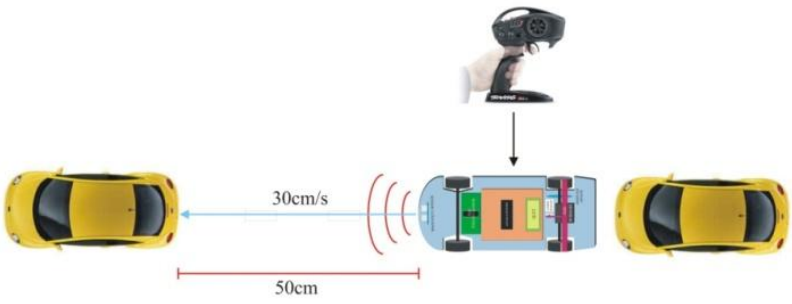
(d) (e)

Gambar 4.4 Pengujian Perhitungan Logika *Fuzzy* Dengan Kecepatan 30cm/s

Pada Gambar 4.4 (a) terlihat bahwa ketika kecepatan 30cm/s yang ditunjukkan dengan simbol V dan jarak 195cm yang ditunjukkan dengan simbol S, persentase pengereman hasil perhitungan logika *fuzzy* adalah 7,5% ini diasumsikan terjadi pada saat pengereman ketika kecepatan rendah dan jarak jauh. Selanjutnya pada Gambar 4.4 (b), Gambar 4.4 (c), Gambar 4.4 (d), dan Gambar 4.4 (e) terjadi perubahan persentase rem, semakin jarak bertambah maka nilai persentase pengereman pun semakin bertambah.

4.2.2 Pengujian Pengereman *Prototype* Mobil Pada Saat Melaju Dengan Kecepatan Rendah

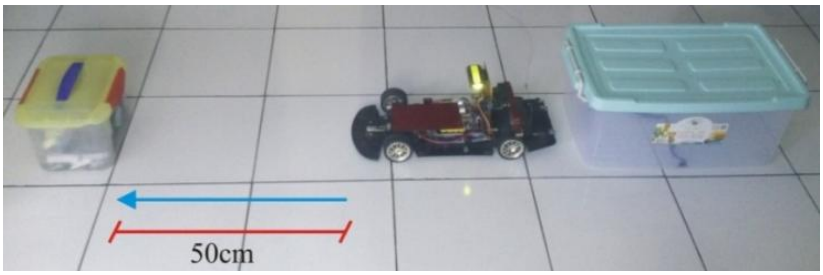
Pengujian dilakukan dengan cara menentukan kecepatan *prototype* mobil dalam kecepatan rendah dan menempatkan hambatan di depan mobil dengan jarak ± 50cm. Untuk mengkondisikan *prototype* mobil seperti dalam keadaan macet, maka di belakang *prototype* mobil ditempatkan sebuah benda seperti terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Gambaran Pengereman Pada Saat Kecepatan Rendah

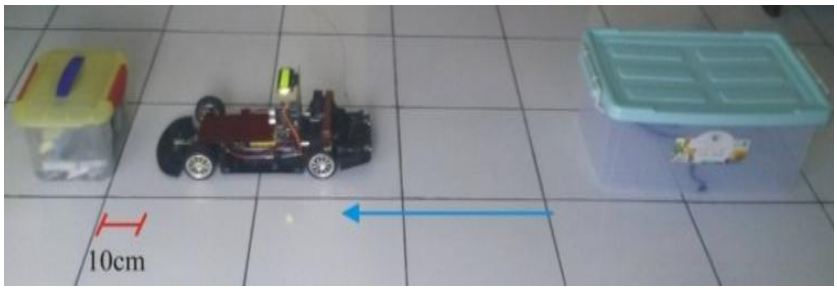
Pada Gambar 4.5 terlihat jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan lebih ± 50cm, ini memungkinkan *prototype* mobil untuk melaju sampai mendekati

kendaraan atau hambatan dan melakukan pengereman. Pengereman penuh akan dilakukan ketika berjarak ± 10cm.



Gambar 4.6 Titik Awal *Prototype* Mobil Melaju Dengan Kecepatan Rendah

Berikut Gambar 4.6 proses pengujian *prototype* mobil pada saat melaju dengan kecepatan rendah. Titik awal *prototype* mobil berjarak 50cm dari hambatan. Selanjutnya mobil akan melaju dengan kecepatan rendah dan melakukan pengereman dengan nilai persentase rem dari hasil perhitungan logika *fuzzy* sehingga mobil berhenti dengan jarak ±10cm dari hambatan seperti Gambar 4.7. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan merubah kecepatan *prototype* mobil dan jarak hambatan.



Gambar 4.7 *Prototype* Mobil Berhenti Setelah Dilakukan Pengereman

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Prototype* Mobil Pada Kecepatan 20.4 cm/s

No	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Jarak Berhenti	Waktu Yang Ditempuh	Rem Berhasil		Perlambatan Hasil Pengujian	Perlambatan Ideal Hasil Perhitungan
					Y	T		
1	20.4 cm/s	20 cm	10 cm	1.71 s	√		$-7.81\ cm/s^2$	$-6.94\ cm/s^2$
2		30 cm	10 cm	2.61 s	√		$-11.92\ cm/s^2$	$-10.40\ cm/s^2$
3		40 cm	7 cm	3.26 s	√		$-6.25\ cm/s^2$	$-5.20\ cm/s^2$
4		50 cm	6 cm	3.43 s	√		$-5.94\ cm/s^2$	$-4.16\ cm/s^2$
5		60 cm	6 cm	3.75 s	√		$-5{,}44\ cm/s^2$	$-3.47\ cm/s^2$
6		70 cm	7 cm	3.99 s	√		$-5.11\ m/s^2$	$-2.97\ cm/s^2$
7		80 cm	6 cm	4.73 s	√		$-4.31\ cm/s^2$	$-2.60\ cm/s^2$
8		90 cm	7 cm	4.94 s	√		$-4.13\ cm/s^2$	$-2.31\ cm/s^2$
9		100 cm	7 cm	6.83 s	√		$-2.98\ cm/s^2$	$-2.09\ cm/s^2$
Total					9	0	$-53.89\ cm/s^2$	$-40.14\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{9}{9} \times 100\% = 100\%$			$\frac{(-40.14)}{(-53.89)} \times 100\% = 74.48\%$	

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Prototype* Mobil Pada Kecepatan 40.8 cm/s

No	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Jarak Berhenti	Waktu Yang Ditempuh	Rem Berhasil		Perlambatan Hasil Pengujian	Perlambatan Ideal Hasil Perhitungan
					Y	T		
1	40.8 cm/s	20 cm	9 cm	93 ms	√		$-43.87\ cm/s^2$	$-41.61\ cm/s^2$
2		30 cm	7 cm	1.22 s	√		$-33{,}44\ cm/s^2$	$-27.74\ cm/s^2$
3		40 cm	7 cm	1.66 s	√		$-24{,}58\ cm/s^2$	$-20.81\ cm/s^2$
4		50 cm	6 cm	2.32 s	√		$-21{,}25\ cm/s^2$	$-16.65\ cm/s^2$
5		60 cm	6.5 cm	1.92 s	√		$-17{,}58\ cm/s^2$	$-13.87\ cm/s^2$
6		70 cm	6 cm	2.78 s	√		$-14{,}67\ cm/s^2$	$-11.90\ cm/s^2$
7		80 cm	6 cm	2.91 s	√		$-14{,}02\ cm/s^2$	$-10.40\ cm/s^2$
8		90 cm	6 cm	3.30 s	√		$-12{,}36\ cm/s^2$	$-9.25\ cm/s^2$
9		100 cm	5 cm	3.72 s	√		$-10{,}96\ cm/s^2$	$-8.33\ cm/s^2$
Total					9	0	$-192.73\ cm/s^2$	$-160.56\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{9}{9} \times 100\% = 100\%$			$\frac{(-160.56)}{(-192.73)} \times 100\% = 83.31\%$	

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Prototype* Mobil Pada Kecepatan 61.2 cm/s

No	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Jarak Berhenti	Waktu Yang Ditempuh	Rem Berhasil		Perlambatan Hasil Pengujian	Perlambatan Ideal Hasil Perhitungan
					Y	T		
1	61.2 cm/s	20 cm	8 cm	61 ms	√		$-100.3\ cm/s^2$	$-93.63\ cm/s^2$
2		30 cm	7 cm	1.11 s	√		$-55{,}13\ cm/s^2$	$-62.42\ cm/s^2$
3		40 cm	5 cm	1.44 s	√		$-42.5\ cm/s^2$	$-46.81\ cm/s^2$
4		50 cm	5 cm	1.71 s	√		$-35{,}78\ cm/s^2$	$-37.45\ cm/s^2$
5		60 cm	4 cm	2.11 s	√		$-29{,}01\ cm/s^2$	$-31.21\ cm/s^2$
6		70 cm	5.5 cm	2.26 s	√		$-27{,}07\ cm/s^2$	$-26.75\ cm/s^2$
7		80 cm	6 cm	2.85 s	√		$-21{,}47\ cm/s^2$	$-23.41\ cm/s^2$
8		90 cm	6.5 cm	3.09 s	√		$-19{,}81\ cm/s^2$	$-20.81\ cm/s^2$
9		100 cm	4 cm	3.22 s	√		$-19{,}01\ cm/s^2$	$-18.73\ cm/s^2$
Total					9	0	$-350.08\ cm/s^2$	$-361.22\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{9}{9} \times 100\% = 100\%$			$\frac{(-350.08)}{(-361.22)} \times 100\% = 96.91\%$	

Dari Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa ketika *prototype* mobil melaju dengan kecepatan rendah dan jarak hambatan cukup dekat maka *prototype* mobil mampu melakukan pengereman sehingga mobil tersebut berhenti melaju dengan tingkat keberhasilan mencapai 100 dan berhenti dengan jarak ±10cm sampai dengan 4cm . Perbandingan nilai persentase perlambatan dari ketiga tabel tersebut, hasil pengujian pada kecepatan 61,2 cm/s menunjukan nilai persentase perlambatan yang lebih baik jika dibandinkan dengan pengujian lainnya yaitu dengan nilai 96,91%. Untuk perbedaan jarak berhenti *prototype* mobil dipengaruhi oleh respon tanggap motor servo terhadap setiap perubahann nilai keluaran logika *fuzzy* sebagai penggerak tuas rem sehingga perbedaan waktu sangat berpengaruh terhadap jarak berhenti *prototype* mobil, sama seperti pada saat *prototype* melaju dengan kecepatan tinggi. Secara keseluruhan mobil berhasil melakukan pengereman dan berhenti pada jarak antara 10cm – 4cm dari

hambatan. Untuk nilai perlambatan hasilnya kurang lebih sama dengan pengereman pada saat mobil melaju dengan kecepatan tinggi yaitu dimana kondisi jarak pada saat melakukan pengereman hingga mobil berhenti sama namun kecepatan awalnya berbeda menunjukan bahwa semakin cepat mobil itu melaju maka semakin besar pula perlambatan yang dilakukan, namun dalam segi malah berbanding terbalik. Dimana ketika kondisi jarak pada saat melakukan pengereman hingga mobil berhenti sama namun kecepatan awalnya berbeda maka semakin tinggi kecepatan awal mobil tersebut semakin cepat waktu yang dilakukan untuk melakukan pengereman sampai mobil tersebut berhenti. Sebaliknya semakin lambat kecepatan awal mobil tersebut maka semakin lama pula waktu yang dilakukan untuk melakukan pengereman sampai mobil tersebut berhenti.

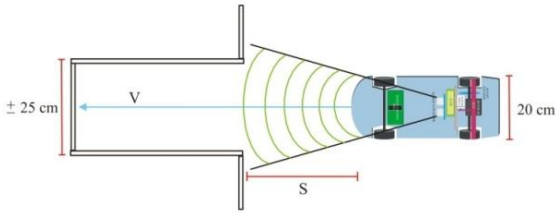
4.3 Pengujian Pengereman Pada Saat Masuk Daerah Sempit

Pada proses ini akan dilakukan pengujian pengereman pada saat mobil masuk ke dalam daerah sempit. Pengereman pada saat masuk ke dalam daerah sempit diasumsikan ketika *prototype* mobil masuk ke dalam garasi dan juga ketika *prototype* mobil berada pada kondisi jalanan macet sehingga jarak celah agar mobil bisa masuk itu cukup sempit.

4.3.1 Cara Kerja Sensor Jarak Pada Saat Masuk Daerah Sempit

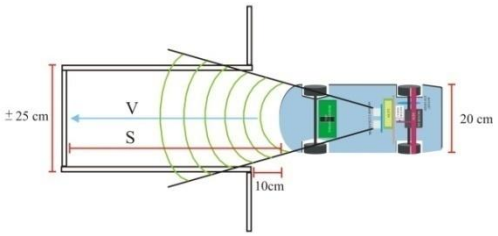
Pada proses masuk ke dalam daerah sempit ini sangat dipengaruhi oleh penempatan posisi sensor jarak, karena ini berpengaruh terhadap besarnya area jangkauan benda yang dapat dideteksi oleh sensor tersebut. Pada kondisi awal dimana *prototype* mobil berada jauh dari posisi hambatan bagian luar dengan

lebar hambatan ±25cm sensor jarak akan mendeteksi jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan bagian luar karena pada posisi ini hambatan bagian luar berada pada jangkauan sensor seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Jarak Jangkauan Sensor Pada Jarak Jauh

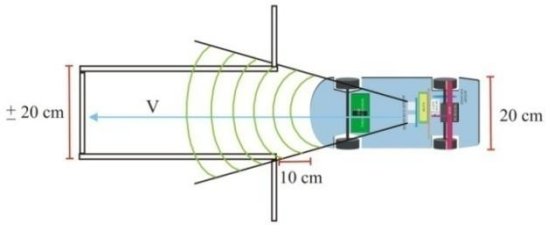
Selanjutnya mobil melaju sampai dengan hambatan bagian luar, pada saat melaju *prototype* mobil sudah melakukan pengereman dengan nilai persentase rem dari hasil perhitungan logika fuzzy namun rem yang dilakukan bergerak secara naik turun sesuai dengan input dari jarak dan kecepatan yang berubah-ubah sehingga mobil masih dapat melaju. Pada jarak ±10cm dan lebar jalan ±25cm hambatan bagian luar tidak lagi berada pada jangkauan sensor sehingga sensor pun akan langsung terfokus mendeteksi hambatan bagian dalam sehingga mobil dapat masuk ke daerah sempit seperti Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Jarak Jangkauan Sensor Pada Jarak ±10cm

Berbeda dengan kondisi jalan dengan lebar ±20cm. Pada kondisi ini mobil akan melakukan pengereman pada saat *prototype* mobil dan hambatan bagian luar berjarak ±10cm sehingga mobil tidak bisa masuk ke dalam daerah sempit. Ini

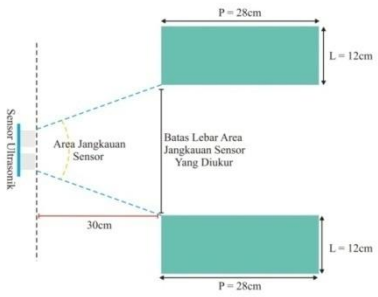
dikarenakan pada saat *prototype* mobil dengan hambatan bagian luar berjarak ±10cm dan lebar jalan adalah ±20cm, hambatan bagian luar masih dalam area jangkauan sensor sehingga jarak yang dideteksi bukan antara *prototype* mobil dengan hambatan bagian dalam namun jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan bagian luar seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Jarak Jangkauan Sensor Dengan Lebar Jalan 20cm

4.3.2 Pengujian Area jangkauan Dari Sensor Jarak

Pengujian dilakukan dengan cara menentukan jarak hambatan dengan *prototype* mobil mulai dari 10cm hingga 100cm, dimensi dari hambatan yang digunakan adalah dengan panjang 43cm dan lebar 26cm. Kemudian pada setiap jarak tersebut diukur lebar batas jangkauan dari sensor ultrasonik seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pengujian Area Jangkauan Sensor Jarak

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Area Jangkauan Sensor Jarak

No.	Jarak Hambatan	Lebar Hambatan Yang Terdeteksi
1	10 cm	10 cm
2	20 cm	23 cm
3	30 cm	34 cm
4	40 cm	42 cm
5	50 cm	50 cm
6	60 cm	61 cm
7	70 cm	68 cm
8	80 cm	81 cm
9	90 cm	92 cm
10	100 cm	98 cm

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa dari jarak 10cm sampai 130cm, lebar batas jangkauan sensor untuk mendeteksi hambatan adalah hampir berbanding lurus. Dimana pada jarak 10cm lebar dari batas jangkauan sensor adalah 10cm, dan pada jarak 130cm lebar dari batas jangkauan sensor adalah 128cm. Padahal dimensi dari hambatan yang digunakan adalah dengan lebar 12cm dan panjang 28cm, seharusnya pada jarak 10cm panjang dari hambatan masih berada pada jangkauan sensor namun sensor mendeteksi hambatan bagian terluar sehingga dapat dikatakan bahwa hambatan dengan posisi horizontal tidak terdeteksi oleh sensor ultrasonik.

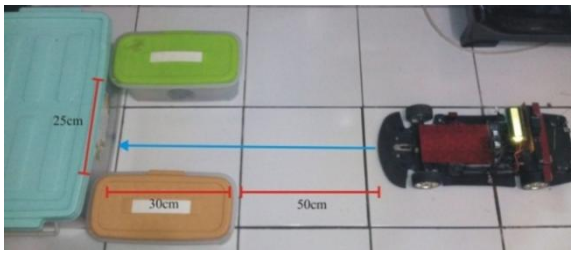
4.3.3 Pengujian Pengereman *Prototype* Mobil Pada Saat Masuk Daerah Sempit

Pada pengujian pengereman *prototype* mobil saat masuk daerah sempit ini dilakukan dalam 2 kondisi. Dimana kondisi pertama adalah mobil masuk daerah sempit dengan posisi lurus atau sejajar dengan jalan yang akan dilalui dan celah

antara mobil dengan hambatan pada sisi kanan dan sisi kiri adalah semimbang, selain itu *prototype* mobil masuk daerah sempit dengan posisi lurus namun posisi *prototype* mobil terlalu dekat dengan hambatan sebelah kanan atau terlalu dekat dengan hambatan sebelah kiri. Dan yang terakhir kondisi kedua dimana *prototype* mobil masuk daerah sempit dengan posisi *prototype* mobil tidak sejajar dengan daerah sempit yang akan dimasuki.

4.3.3.1 Pengujian Pengereman *Prototype* Mobil Pada Saat Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Sejajar

Pengujian pertama dilakukan dengan cara menentukan kecepatan *prototype* mobil dalam kecepatan rendah dan menempatkan hambatan di depan mobil dengan jarak 50cm dan kedalaman dari hambatan tersebut adalah 30cm. Untuk lebar jalan sendiri ditempatkan mulai dari 17cm sampai dengan 27cm. Apabila lebar jalan yang akan dilalui berada pada jangkauan sensor maka *prototype* mobil akan melakukan pengereman pada hambatan bagian luar yang berjarak 50cm dari *prototype* mobil, selanjutnya apabila lebar jalan yang akan dilalui tidak berada pada jangkauan sensor maka *prototype* mobil akan masuk ke dalam daerah sempit dan baru akan melakukan pengereman pada hambatan bagian dalam yang berjarak 80cm dari *prototype* mobil seperti terlihat pada Gambar 4.12.



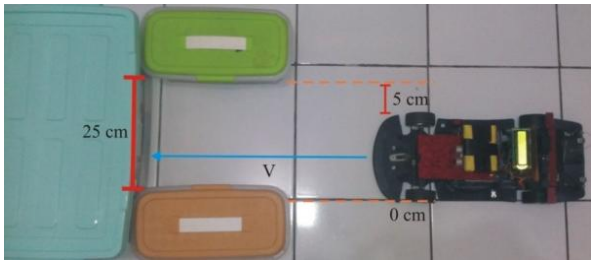
Gambar 4.12 Titik Awal *Prototype* Mobil Masuk Daerah Sempit

Pada Gambar 4.13 terlihat bahwa dengan lebar jalan 25cm *prototype* Mobil dapat masuk ke dalam daerah sempit dan melakukan pengereman sehingga mobil berhenti dengan jarak ±10cm dari hambatan bagian dalam.



Gambar 4.13 *Prototype* Mobil Masuk Daerah Sempit Dan Melakukan Pengereman

Pengujian kedua hampir sama dengan percobaan kedua Namun untuk lebar jalan ditetukan dengan jarak 25cm. Selanjutnya *prototype* mobil diposisikan dalam 3 kondisi yaitu lebih condong ke hambatan sebelah kanan, antara hambatan sebelah kanan dan hambatan sebelah kiri seimbang, dan lebih codong ke hambatan sebelah kiri Seperti terlihat pada Gambar 4.14 yaitu pada saat *prototype* mobil akan masuk ke daerah sempit posisi *prototype* mobil adalah lebih condong ke hambatan sebelah kiri dengan jarak 0cm, sedangkan dengan hambatan sebelah kanan berjarak 5cm.



Gambar 4.14 *Prototype* Mobil Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Lebih Condong Ke Hambatan Sebelah Kiri

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pertama *Prototype* Mobil Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Sejajar

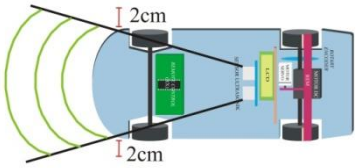
No.	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan Bagian Luar	Jarak Hambatan Bagian Dalam	Lebar Jalan	Berhsil Masuk	
					Y	T
1	20,4 cm/s	50 cm	80 cm	17 cm		√
2				18 cm		√
3				19 cm		√
4				20 cm		√
5				21 cm		√
6				22 cm		√
7				23 cm		√
8				24 cm		√
9				25 cm	√	
10				26 cm	√	
11				27 cm	√	
12	40.8 cm/s	50 cm	80 cm	17 cm		√
13				18 cm		√
14				19 cm		√
15				20 cm		√
16				21 cm		√
17				22 cm		√
18				23 cm		√
19				24 cm		√
20				25 cm		√
21				26 cm	√	
22				27 cm	√	
23	61.2 cm/s	50 cm	80 cm	17 cm		√
24				18 cm		√
25				19 cm		√
26				20 cm		√
27				21 cm		√
28				22 cm		√
29				23 cm		√
30				24 cm	√	
31				25 cm	√	
32				26 cm	√	
33				27 cm	√	

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa *prototype* mobil dapat masuk ke dalam daerah sempit dengan lebar lebih dari 24cm, namun lebar jalan yang kurang dari 24 cm tidak bisa masuk karena melakukan pengereman sebelum masuk ke dalam jalan sempit yang disebabkan hambatan berada pada area jangkauan sensor jarak.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kedua *Prototype* Mobil Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Sejajar

No.	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan Bagian Luar	Jarak Hambatan Bagian Dalam	Jarak Hambatan Bagian Kanan	Jarak Hambatan Bagian Kiri	Lebar Jalan	Berhsil Masuk	
							Y	T
1	20,4 cm/s	50 cm	80 cm	0 cm	4 cm	24 cm		√
2				1 cm	3 cm			√
3				2 cm	2 cm		√	
4				3 cm	1 cm			√
5				4 cm	0 cm			√
12	20,4 cm/s	50 cm	80 cm	0 cm	5 cm	25 cm		√
13				1 cm	4 cm			√
14				2 cm	3 cm		√	
15				3 cm	2 cm		√	
16				4 cm	1 cm			√
17				5 cm	0 cm			√
23	20,4 cm/s	50 cm	80 cm	0 cm	6 cm	26 cm		√
24				1 cm	5 cm			√
25				2 cm	4 cm		√	
26				3 cm	3 cm		√	
27				4 cm	2 cm		√	
28				5 cm	1 cm			√
29				6 cm	0 cm			√
30	20,4 cm/s	50 cm	80 cm	0 cm	7 cm	27 cm		√
31				1 cm	6 cm			√
32				2 cm	5 cm		√	
33				3 cm	4 cm		√	
34				4 cm	3 cm		√	
35				5 cm	2 cm		√	
36				6 cm	1 cm			√
37				7 cm	0 cm			√

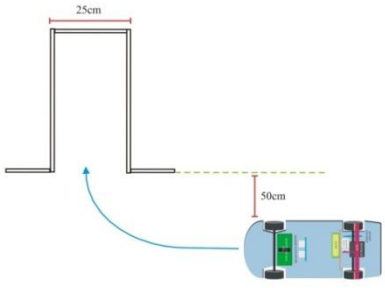
Pada Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa dari tiga puluh tujuh kali percobaan *prototype* mobil dapat masuk ke dalam daerah sempit dengan jarak antara *prototype* mobil dan hambatan bagian sebelah kanan atau hambatan bagian sebelah kiri minimum berjarak 2cm, namun jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan bagian sebelah kanan atau sebelah kiri yang kurang dari 2cm tidak bisa masuk karena melakukan pengereman sebelum masuk ke dalam jalan sempit yang disebabkan hambatan berada pada area jangkauan sensor jarak seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Jarak Jangkauan Sensor Pada Bagian Kanan Dan Kiri

4.3.3.2 Pengujian Pengereman *Prototype* Mobil Pada Saat Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Tidak Sejajar

Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan *prototype* mobil dengan posisi horizontal, sedangkan posisi untuk daerah sempit dengan lebar 25cm yang akan dilalui adalah vertikal dengan jarak 50cm dengan *prototype* mobil seperti pada Gambar 4.16.

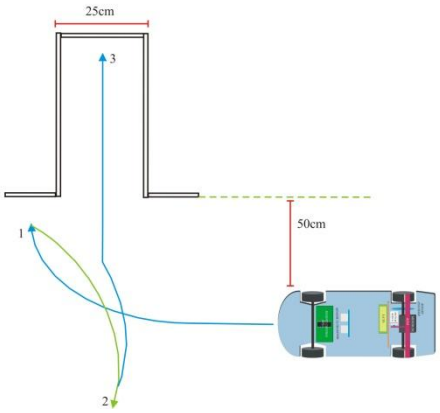


Gambar 4.16 Gambaran Mobil Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Tidak Sejajar

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kedua *Prototype* Mobil Masuk Daerah Sempit Dengan Posisi Tidak Sejajar

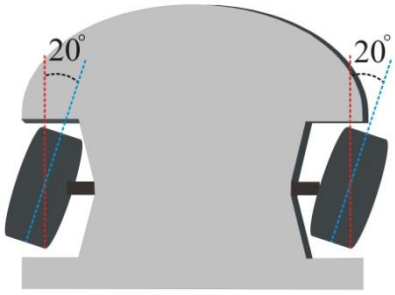
No.	Kecepatan *Prototype* Mobil	Lebar Jalan	Jarak Mobil Dengan Hambatan	Banyak Manuver Yang Dilakukan	Berhsil Masuk	
					Y	T
1	20,4 cm/s	25 cm	10 cm	5 x	√	
2			20 cm	7 x	√	
3			30 cm	3 x	√	
4			40 cm	5 x	√	
5			50 cm	3 x	√	
6			60 cm	3 x	√	
7	20,4 cm/s	27cm	10 cm	5 x	√	
8			20 cm	3 x	√	
9			30 cm	7 x	√	
10			40 cm	3 x	√	
11			50 cm	3 x	√	
12			60 cm	3 x	√	
13	20,4 cm/s	29 cm	10 cm	5 x	√	
14			20 cm	3 x	√	
15			30 cm	3 x	√	
16			40 cm	3 x	√	
17			50 cm	1 x	√	
18			60 cm	1 x	√	
20	20,4 cm/s	31 cm	10 cm	3 x	√	
21			20 cm	3 x	√	
22			30 cm	3 x	√	
23			40 cm	1 x	√	
24			50 cm	1 x	√	
25			60 cm	1 x	√	

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa dari 25 kali percobaan rata-rata *prototype* mobil dapat masuk ke dalam daerah sempit dari posisi tidak sejajar dengan melakukan 3 kali manuver. Gambaran dari manuver dapat dilihat seperti pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Gambaran Mobil Masuk Daerah Sempit Dengan 3 Kali Manuver

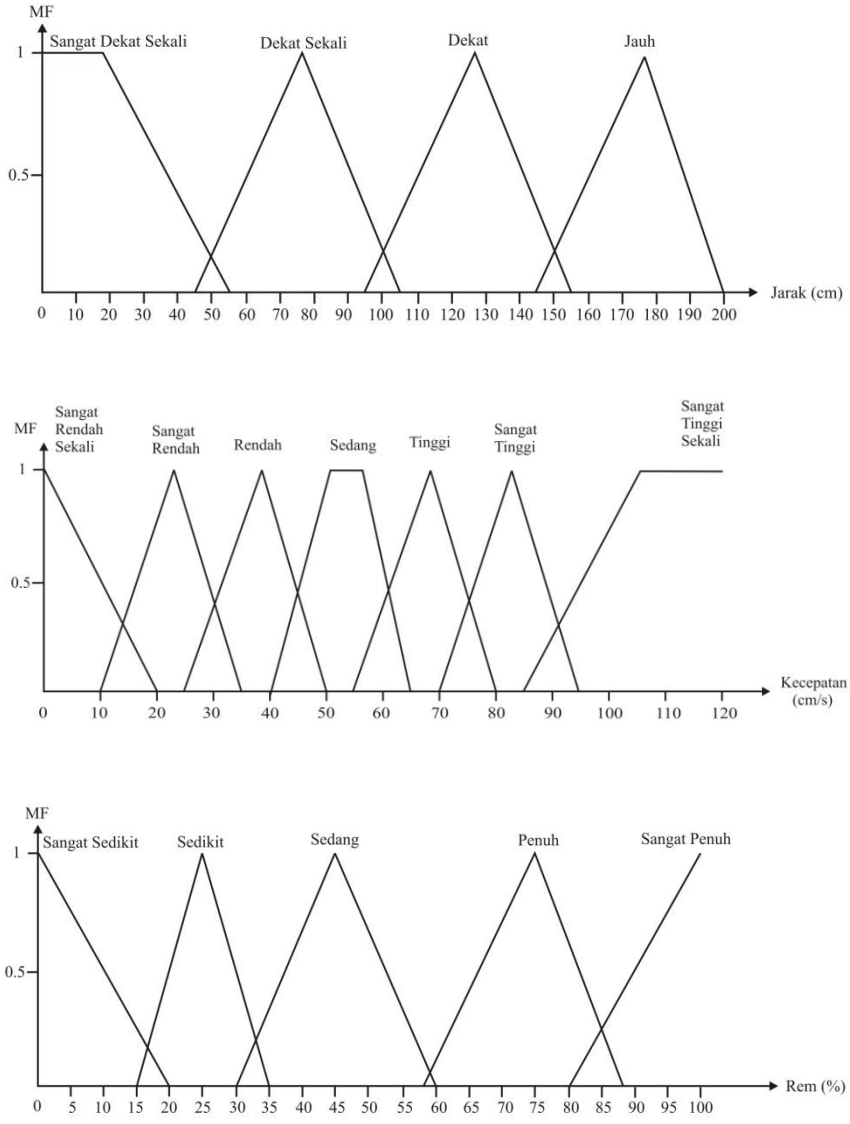
Namun terkadang manuver yang dilakukan juga sebanyak 5 atau 7 kali. Untuk manuver 1 kali terjadi pada saat lebar jalan lebih dari 29cm dengan jarak antara *prototype* mobil dengan hambatan adalah lebih dari 40cm. Banyaknya manuver yang dilakukan agar *prototype* mobil dapat masuk daerah sempit ini dipengaruhi oleh keterampilan dalam mengendalikan *prototype* mobil. Selain itu besar sudut roda depan *prototype* mobil ketika berbelok penuh hanya sebesar 20° seperti pada Gambar 4.18, berbeda dengan mobil sungguhan yang mencapai sudut maksimum 32° sehingga berpengaruh terhadap manuver yang dilakukan ketika berbelok.



Gambar 4.18 Besar Sudut Ketika *Prototype* Mobil Berbelok

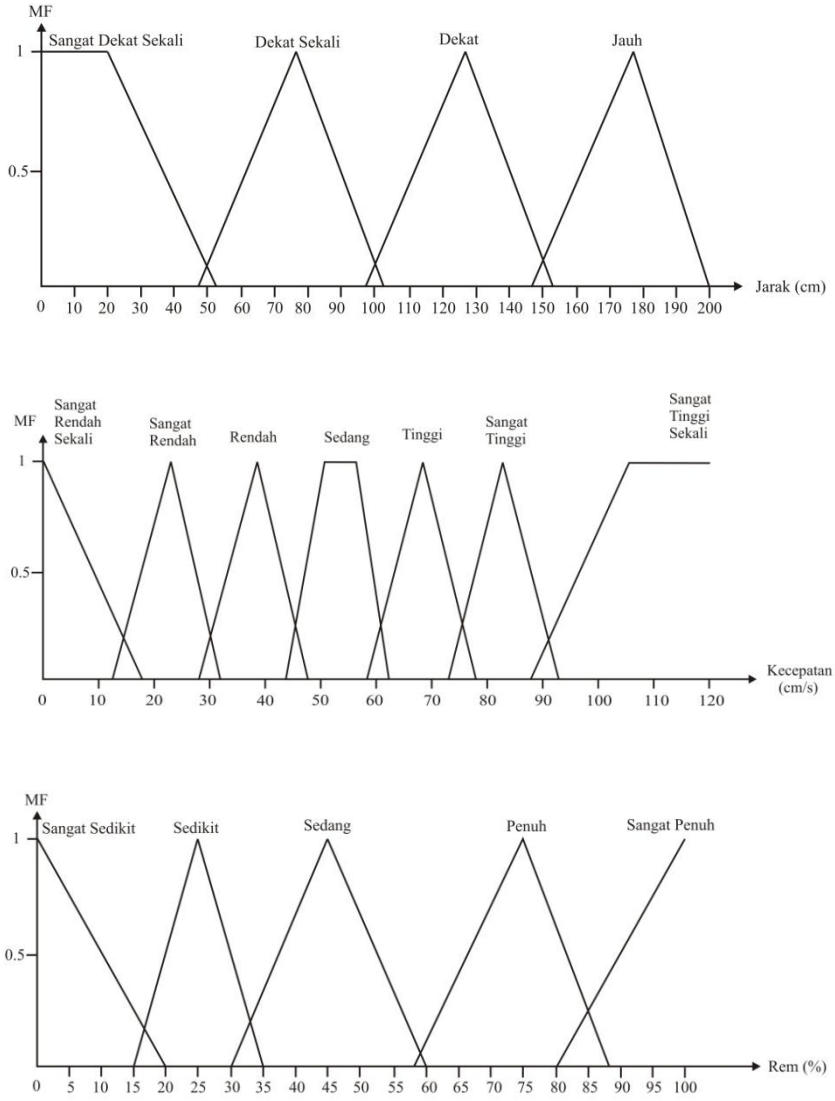
4.4 Pengujian Karakteristik *Membership Function*

Pengujian dilakukan dengan cara memodifikasi *membership function* yang digunakan pada perancangan, dimana *membership function* tersebut dirubah nilai *range* pada setiap kondisinya. Ada dua perubahan, yaitu yang pertama adalah *membership function* dengan nilai *range* pada setiap kondisinya kurang lebih seimbang dengan jarak beririsan cukup lebar satu sama lain seperti pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 *Membership Function* Modifikasi Pertama

Yang kedua adalah *membership function* dengan nilai *range* pada setiap kondisinya kurang lebih seimbang dan beririsan namun dengan jarak lebih sempit dibanding *membership function* modifikasi pertama seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 *Membership Function* Modifikasi Kedua

Dari kedua *membership function* tersebut dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai perlambatan yang selanjutnya dibandingkan dengan perlambatan yang menggunakan *membership function* pada perancangan.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Membership Function* Pada Kecepatan 80 cm/s

No.	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Perlambatan Ideal Hasil Perhitutngan	Perlambatan hasil pengujian		
				MF Yang Digunakan Pada Perancangan	MF Hasil Modifikasi 1	MF Hasil Modifikasi 2
1	80 cm/s	100 cm	$-32\ cm/s^2$	$-31.37\ cm/s^2$	$-33.75\ cm/s^2$	$-28.67\ cm/s^2$
2		110 cm	$-29.09\ cm/s^2$	$-29.19\ cm/s^2$	$-31.37\ cm/s^2$	$-26.49\ cm/s^2$
3		120 cm	$-26.67\ cm/s^2$	$-25{,}16\ cm/s^2$	$-27.78\ cm/s^2$	$-24.61\ cm/s^2$
4		130 cm	$-24.61\ cm/s^2$	$-22.53\ cm/s^2$	$-26.06\ cm/s^2$	$-22.41\ cm/s^2$
5		140 cm	$-22.86\ cm/s^2$	$-21.27\ cm/s^2$	$-24.09\ cm/s^2$	$-20.72\ cm/s^2$
6		150 cm	$-21.33\ cm/s^2$	$-21.3\ cm/s^2$	$-22.59\ cm/s^2$	$-19.18\ cm/s^2$
7		160 cm	$-20\ cm/s^2$	$-19.6\ cm/s^2$	$-24.09\ cm/s^2$	$-18.06\ cm/s^2$
8		170 cm	$-18.82\ cm/s^2$	$-18.64\ cm/s^2$	$-26.06\ cm/s^2$	$-17.09\ cm/s^2$
9		180 cm	$-17.77\ cm/s^2$	$-17.46\ cm/s^2$	$-27.78\ cm/s^2$	$-15.84\ cm/s^2$
10		190 cm	$-16.84\ cm/s^2$	$-16.95\ cm/s^2$	$-31.37\ cm/s^2$	$-15.03\ cm/s^2$
11		200 cm	$-16\ cm/s^2$	$-16.16\ cm/s^2$	$-33.75\ cm/s^2$	$-14.57\ cm/s^2$
Total			$-245.99 cm/s^2$	$-239.63\ cm/s^2$	$-308.69 cm/s^2$	$-222.67\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{-239.63}{-245.99} \times 100\%$ = 97.41%	$\frac{-245.99}{-308.69} \times 100\%$ = 79.69%	$\frac{-222.67}{-245.99} \times 100\%$ = 90.51%

Tabel 4.12 Hasil Pengujian *Membership Function* Pada Kecepatan 100 cm/s

No.	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Perlambatan Ideal Hasil Perhitutngan	Perlambatan hasil pengujian		
				MF Yang Digunakan Pada Perancangan	MF Hasil Modifikasi 1	MF Hasil Modifikasi 2
1	100 cm/s	100 cm	$-50\ cm/s^2$	$-49.26\ cm/s^2$	$-44.84\ cm/s^2$	$-37.73\ cm/s^2$
2		110 cm	$-45.45\ cm/s^2$	$-45.25\ cm/s^2$	$-40.82\ cm/s^2$	$-35.46\ cm/s^2$
3		120 cm	$-41.67\ cm/s^2$	$-42.91\ cm/s^2$	$-37.45\ cm/s^2$	$-31.84\ cm/s^2$
4		130 cm	$-38.46\ cm/s^2$	$-38.91\ cm/s^2$	$-34.6\ cm/s^2$	$-30.39\ cm/s^2$
5		140 cm	$-31.37\ cm/s^2$	$-35.46\ cm/s^2$	$-32.05\ cm/s^2$	$-27.32\ cm/s^2$
6		150 cm	$-33.33\ cm/s^2$	$-33.78\ cm/s^2$	$-29.85\ cm/s^2$	$-25.51\ cm/s^2$
7		160 cm	$-31.25\ cm/s^2$	$-32.46\ cm/s^2$	$-27.93\ cm/s^2$	$-23.92\ cm/s^2$
8		170 cm	$-29.41\ cm/s^2$	$-29.94\ cm/s^2$	$-26.38\ cm/s^2$	$-23.04\ cm/s^2$
9		180 cm	$-27.77\ cm/s^2$	$-27.93\ cm/s^2$	$-25.44\ cm/s^2$	$-21.83\ cm/s^2$
10		190 cm	$-26.31\ cm/s^2$	$-26.17\ cm/s^2$	$-23.31\ cm/s^2$	$-21.09\ cm/s^2$
11		200 cm	$-25\ cm/s^2$	$-24.75\ cm/s^2$	$-22.42\ cm/s^2$	$-19.12\ cm/s^2$
Total			$-380.02 cm/s^2$	$-386.82\ cm/s^2$	$-345.09 cm/s^2$	$-297.25\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{-380.02}{-386.82} \times 100\%$ = 98.24%	$\frac{-345.09}{-380.02} \times 100\%$ = 90.80%	$\frac{-297.25}{-380.02} \times 100\%$ = 78.22%

Tabel 4.13 Hasil Pengujian *Membership Function* Pada Kecepatan 120 cm/s

No.	Kecepatan *Prototype* Mobil	Jarak Hambatan	Perlambatan Ideal Hasil Perhitutngan	Perlambatan hasil pengujian		
				MF Yang Digunakan Pada Perancangan	MF Hasil Modifikasi 1	MF Hasil Modifikasi 2
1	120 cm/s	100 cm	$-72\ cm/s^2$	$-68.96\ cm/s^2$	$-58.25\ cm/s^2$	$-48.78\ cm/s^2$
2		110 cm	$-65.45\ cm/s^2$	$-65.57\ cm/s^2$	$-52.86\ cm/s^2$	$-44.12\ cm/s^2$
3		120 cm	$-60\ cm/s^2$	$-60.91\ cm/s^2$	$-48.98\ cm/s^2$	$-40.54\ cm/s^2$
4		130 cm	$-55.38\ cm/s^2$	$-55.30\ cm/s^2$	$-44.77\ cm/s^2$	$-37.38\ cm/s^2$
5		140 cm	$-51.42\ cm/s^2$	$-51.50\ cm/s^2$	$-41.52\ cm/s^2$	$-34.38\ cm/s^2$
6		150 cm	$-48\ cm/s^2$	$-47.61\ cm/s^2$	$-38.96\ cm/s^2$	$-32.34\ cm/s^2$
7		160 cm	$-45\ cm/s^2$	$-44.28\ cm/s^2$	$-36.14\ cm/s^2$	$-30.38\ cm/s^2$
8		170 cm	$-42.35\ cm/s^2$	$-42.25\ cm/s^2$	$-34.18\ cm/s^2$	$-28.64\ cm/s^2$
9		180 cm	$-40\ cm/s^2$	$-40.26\ cm/s^2$	$-30.15\ cm/s^2$	$-26.96\ cm/s^2$
10		190 cm	$-37.89\ cm/s^2$	$-37.97\ cm/s^2$	$-29.7\ cm/s^2$	$-25.26\ cm/s^2$
11		200 cm	$-36\ cm/s^2$	$-35.93\ cm/s^2$	$-29.13\ cm/s^2$	$-24.34\ cm/s^2$
Total			$-553.49 cm/s^2$	$-550.54\ cm/s^2$	$-444.64 cm/s^2$	$-373.12\ cm/s^2$
Rata-rata				$\frac{-550.54}{-553.49} \times 100\% = 99.47\%$	$\frac{-444.64}{-553.49} \times 100\% = 80.33\%$	$\frac{-373.12}{-553.49} \times 100\% = 67.41\%$

Pada Tabel 4.11, Tabel 4.12, dan Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa nilai perbandingan dari ketiga persentase perlambatan tersebut dapat dilihat bahwa *membership function* yang digunakan pada perancangan sistem memiliki nilai persentase perlambatan yang lebih mendekati 100% dibandingkan dengan *membership function* yang lainnya, dengan kata lain dapat diartikan bahwa *membership function* yang digunakan pada perancangan sistem ini cukup baik untuk diterapkan dibandingkan dengan *membership function* hasil modifikasi.