BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

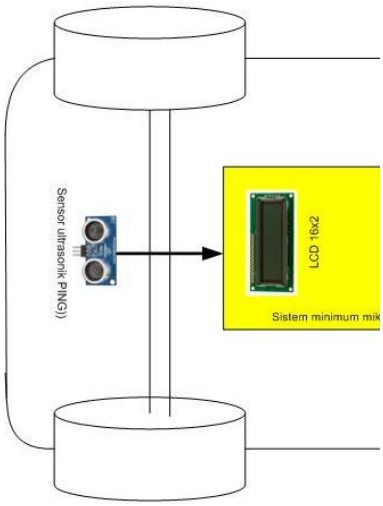
Pada bab ini akan diuraikan mengenai proses pengujian dari sistem yang dirancang. Dimana pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran terhadap parameter-parameter komponen input/masukan, proses dan output/keluaran yang terdapat dalam sistem yang dirancang yang kemudian dilanjutkan dengan menganalisis hasil-hasil pengukuran tersebut. Hal ini bertujuan untuk melihat sistem yang dirancang berjalan sesuai dengan yang dirancang.

4.1 Pengujian dan Analisis Bagian Masukan *(Input)*

Pengujian dan analisis bagian masukan *(input)* terdiri dari pengujian sensor jarak dan kecepatan. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter sistem kerja dari setiap komponen masukan.

4.1.1 Pengujian Sensor Jarak

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan perbandingan dari berapa waktu yang ditangkap setelah gelombang itu dipancarkan. Semakin jauh benda maka waktu pantulan akan semakin lama sedangkan jika semakin dekat benda maka pantulan akan semakin cepat.

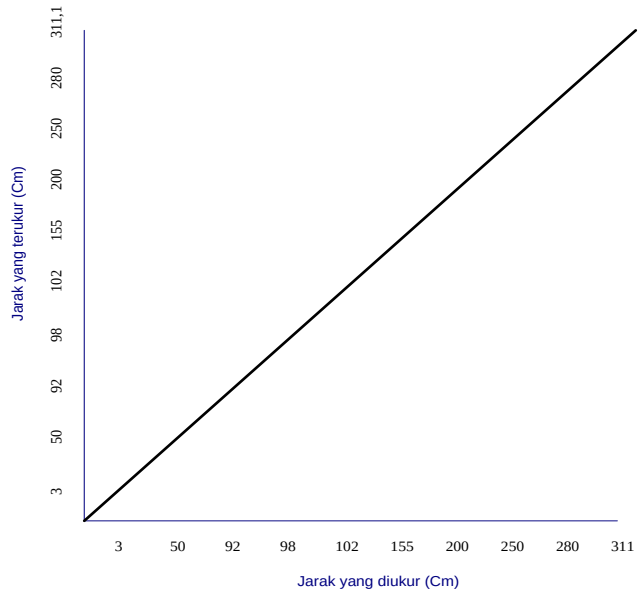


Gambar 4.1 Penempatan Sensor Ultrasonik pada *Prototype*

Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengukuran Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik Pada Bidang Datar

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

Dari hasil pengujian Tabel4.1 menggunakan sensor ultrasonik, dapat diketahui bahwa pengukuran yang dilakukan sensor mendekati jarak sesungguhnya.Namun hasil jarak yang terdeteksi oleh ultrasonik dapat berbeda-beda karena bentuk media yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik.



Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik Pada Bidang Datar



Gambar 4.3 Tampilan LCD menggunakan Sensor Ultrasonik

4.1.2. Pengujian *Pulse Width Modulation* (PWM)

Tujuan utama dari pengujian PWM dengan penggunaan sensor optocoupler adalah untuk mendapatkan data kecepatan putaran dari setiap roda, data kecepatan putaran roda yang terdeteksi oleh optocoupler akan dikonversi menjadi satuan kecepatan centimeter per detik (cm/s).

Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengukuran Kecepatan Menggunakan Sensor Optocupler

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

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.2didapatkan hasil data secara realtime dengan sensor optocoupler, hasil percobaan menunjukan motor akan berhenti pada PWM 10% dan bobot roda mobil yang berputar dilantai mempengaruhi lambatnya kecepatan yang diperoleh.

4.2. Pengujian Dan Analisis Bagian Proses

Tujuan dari pengujian rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATMega 16 adalah untuk mengimplementasikan masukan, proses dan keluaran dengan menggunakan *fuzzy rule*kedalam mikrokontroler.Pengujian dilakukan dengan memberi program logika fuzzy pada mikrokonroler. Program yang dimasukkan kedalam IC mikrokontroler AVR ATMega 16 adalah program dalam bahasa Cdengan menggunakan program CodeVisionAVR.

D:\JALAN MENUJU SARJANA\TA\Riset TA\tes_fuzzy_rem\tes_fuzzy_rem.c

Notes | tes_fuzzy_rem.c | octa3.c

```
49  unsigned char fuzzifikasi_tinggi()
50  {
51   tinggi=0;
52   if (kecepatan<40)
53    { tinggi=0; }
54   else if (kecepatan>=40 && kecepatan<80)
55    { tinggi=(kecepatan-40)/40; }
56   else if (kecepatan>=80)
57    { tinggi=1; }
58   return tinggi;
59  };
60
61  unsigned char fuzzifikasi_rendah()
62  {
63   rendah=0;
64   if (kecepatan<20)
65    { rendah=1; }
66   else if (kecepatan>=20 && kecepatan<60)
67    { rendah=(60-kecepatan)/40; }
68   else if (kecepatan>=60)
69    { rendah=0; }
70   return rendah;
71  };
```

Gambar 4.4 Tampilan Listing Program Fuzzyfikasi Kecepatan

D:\JALAN MENUJU SARJANA\TA\Riset TA\tes_fuzzy_rem\tes_fuzzy_rem.c

Notes | tes_fuzzy_rem.c | octa3.c

```
73  unsigned char fuzzifikasi_jauh()
74  {
75   jauh=0;
76   if (jarak<80)
77    { jauh=0; }
78   else if (jarak>=80 && jarak<160)
79    { jauh=(jarak-80)/80; }
80   else if (jarak>160)
81    { jauh=1; }
82   return jauh;
83  };
84
85  unsigned char fuzzifikasi_dekat()
86  {
87   dekat=0;
88   if (jarak<40)
89    { dekat=1; }
90   else if (jarak>=40 && jarak<=120)
91    { dekat=(120-jarak)/80; }
92   else if (jarak>120)
93    { dekat=0; }
94   return dekat;
95  };
```

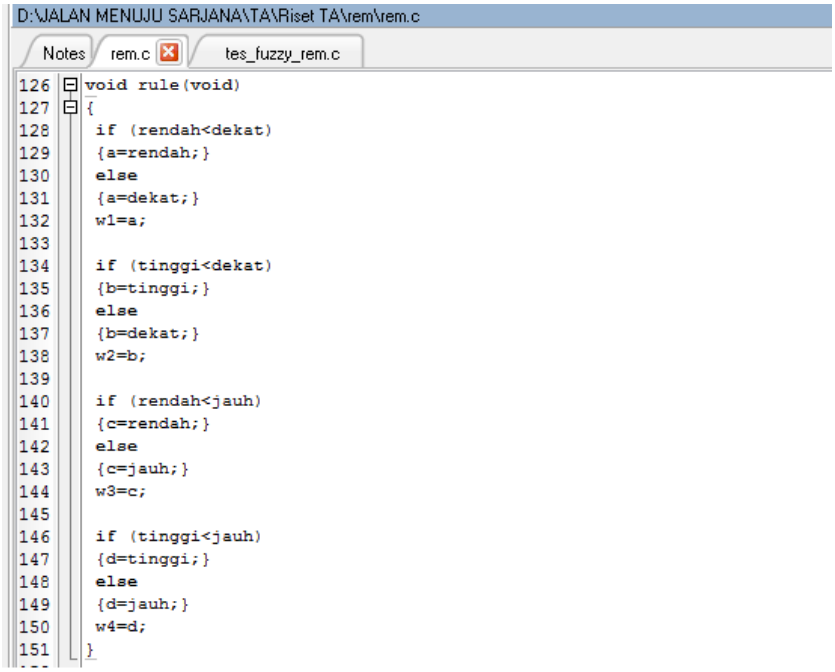
Gambar 4.5 Tampilan Listing Program Fuzzyfikasi Jarak

D:\JALAN MENUJU SARJANA\TA\Riset TA\tes_fuzzy_rem\tes_fuzzy_rem.c

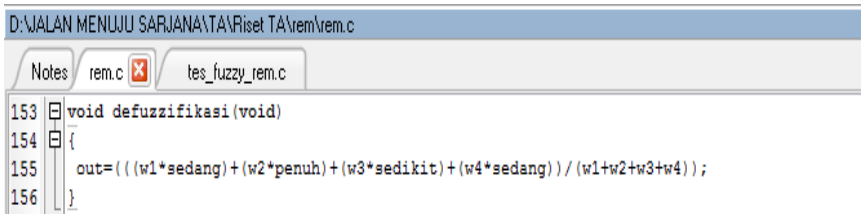
Notes | tes_fuzzy_rem.c | octa3.c

```
 97  void fuzzifikasi(void)
 98  {
 99   fuzzifikasi_tinggi();
100   fuzzifikasi_rendah();
101   fuzzifikasi_jauh();
102   fuzzifikasi_dekat();
103  }
104
105  #define penuh 100
106  #define sedang 50
107  #define sedikit 20
```

Gambar 4.6 Tampilan Listing Program Fungsi Keanggotan Rem



Gambar 4.7 Tampilan Listing Program Rule Fuzzy



Gambar 4.8 Tampilan Listing Program Defuzzyfikasi

Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 diatas, listing program fuzzyfikasi dimulai dengan mendeklarasikan variabel himpunan dengan memberikan nilai-nilai tertentu. Pada Gambar 4.6 mendeklarasikan nilai dari rem. Hasil dari proses ini berupa fuzzy input. Pada Gambar 4.7 diatas listing program dimulai dengan melakukan aturan-aturan yang dibuat dengan hasil nilai yang sudah ditentukan dari fuzzy input. Dan pada Gambar 4.8 adalah listning program defuzifikasi dengan hasil keluaran pengontrolan rem.

4.3. Pengujian Dan Analisis Bagian Keluaran *(Output)*

Pengujian dan analisis bagian keluaran*(output)* terdiri dari pengujian Liquid Crystal Display (LCD)dan *Motor Servo* sebagai pengereman. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter sistem kerja dari setiap komponen keluaran tersebut. Selain itu, untuk melihat komponen-komponen keluaran tersebut berkerja sesuai dengan fungsinya.

4.3.1. Pengujian Tampilan LCD

*Liquid Crystal Display*berupa bagian yang berfungsi untuk memberikan tampilan berupa jarak, kecepatan dan kekuatan rem pada mobil *prototype*. Tampilan untuk pengguna ini diletakan pada tengahmobil *prototype* sebagai penganti speedometer.



Gambar 4.9 Hasil Pengujian Tampilan LCD

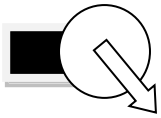
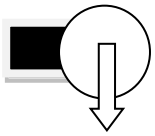
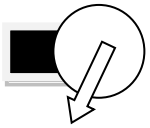
Gambar 4.9 merupakan tampilan LCD ketika mobil *prototype* dalam kondisi aktif dan siap melakukan simulasi pengereman.

4.3.2. Pengujian Motor Servo

Tujuan dari pengujian*Motor Servo*adalahuntuk mendapatkan aktuator yang berfungsi untuk mengendalikan pengereman pada mobil *prototype* agar berfungsi dengan baik. Motor Servo yang digunakan dalam sistem otomatisasi

pengaturan rem pada mobil berbasis mikrokontroler menggunakan logika fuzzyadalah *Motor Servo* jenis analog yang memiliki torsi 1,2 – 1,4 kg/cm dengan range sudut $0^{\circ} - 180^{\circ}$.

Tabel 4.6 Pengujian Motor Servo

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

4.4. Analisis Kinerja Perangkat Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan dengan mencoba keseluruhan rangkaianyang sudah terpasang pada mobil *prototype*.Setelahrangkaian terpasang, kemudian sistem rangkaian di hidupkan.Selanjutnya adalah dengan mencoba menjalankan mobil *prototype*dengan berjalan bebas.Setelah itu dicoba dengan memberikan sejumlah *obstacle*yang terdapat didepan mobil *prototype.*Adapun hasil pengujian sistem otomatis pengaturan rem pada mobil berbasis mikrokontroler menggunakan logika fuzzy adalah sebagai berikut.

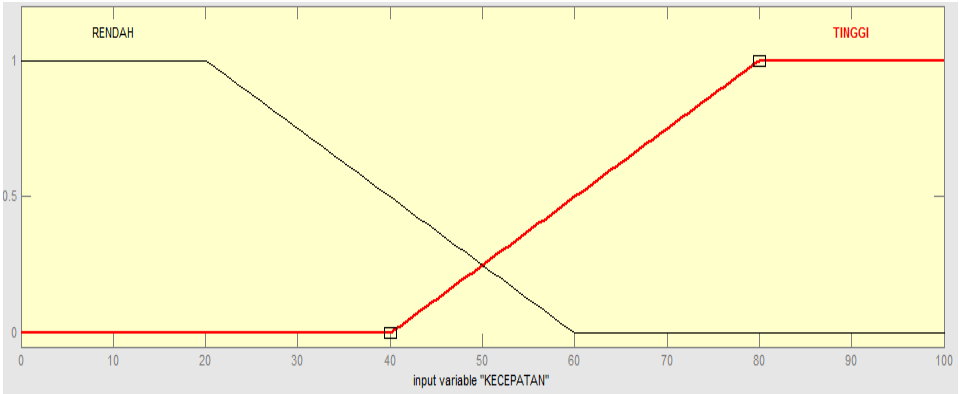
Tabel 4.7 Pengujian Keseluruhan

Kondisi Sensor Jarak	Kondisi Motor DC	Putaran Motor Servo (Rem)	Kondisi Buzzer	Penampilan LCD
Deteksi jarak aman >100cm	High	70 ° Rem Sedikit	Tidak aktif	Ok
Deteksi jarak tidak aman 80-100cm	High	90 ° Rem Sedang	Tidak aktif	Ok
Deteksi jarak darurat <80cm	Low	130 ° Rem Penuh	Aktif	Ok

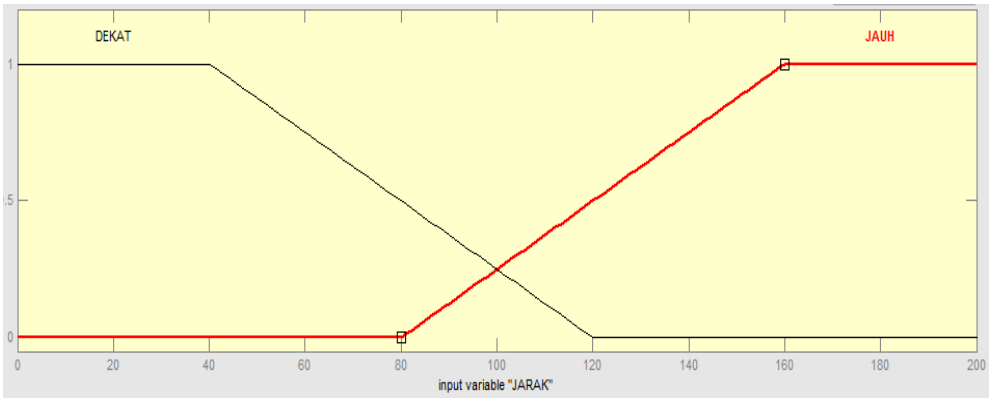
4.5. Analisis Keluaran Rem Pada Kontrol Logika Fuzzy

Pengamatan hasil keluaran kontrollogika fuzzy dimaksudkan untuk mendapatkan pengereman yang sesuai dengan harapan. Pengamatan dilakukan dengan memberikan nilai masukan jarak dan kecepatan, dan didapatkan hasil pengereman.

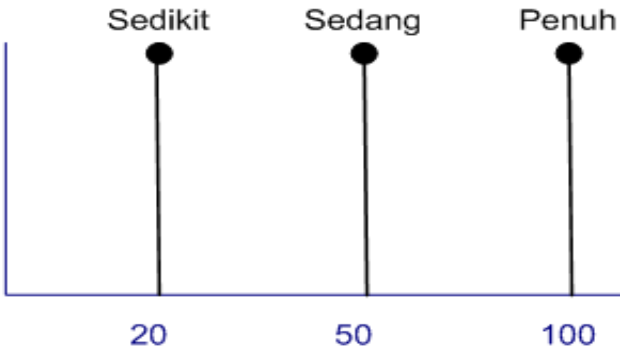
- Hasil pertama menggunakan percobaan dari fungsi keanggotaan yang dibuat.



Gambar 4.9 Fungsi Keanggotan Kecepatan



Gambar 4.10 Fungsi Keanggotan Jarak



Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan Rem

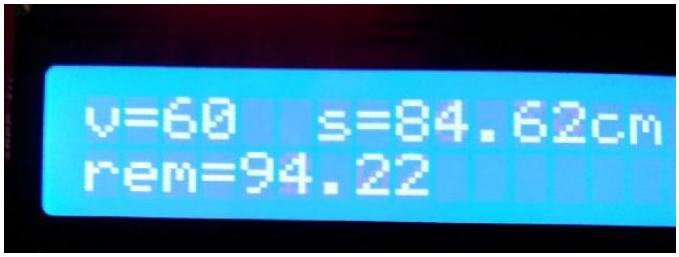
Tabel 4.9 Aturan Fuzzy Pada Pengereman Mobil

V / S	Rendah	Tinggi
Dekat	Sedang	Penuh
Jauh	Sedikit	Sedang

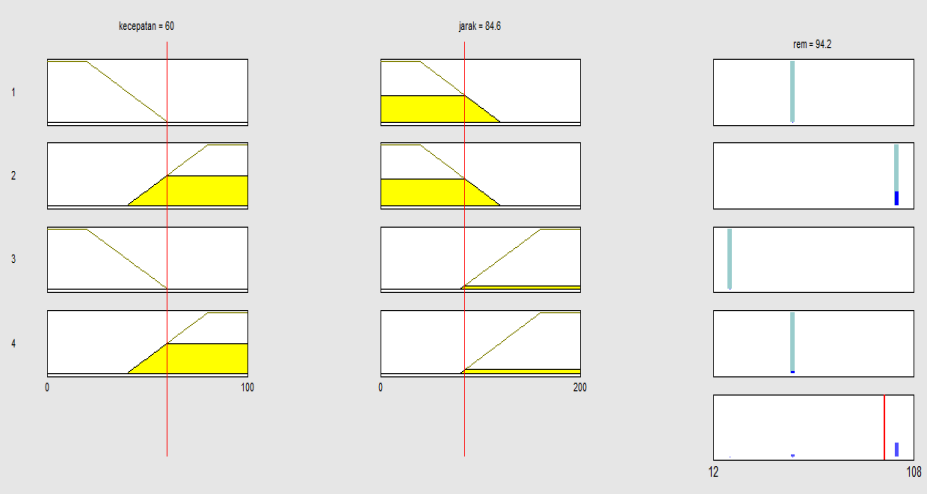
Untuk mendapatkan setiap nilai keluaran pada tabel 4.9 maka harus menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan. Yang pertama dilakukan yaitu menentukan nilai jarak pada mobil dan nilai kecepatan untuk setiap masukan.Berikut beberapa contoh untuk mendapatkan nilai keluaran pada pengereman.

1. Jika kecepatan tinggi (v= 60) dan jarak dekat (s= 84.62 cm) maka rem penuh

(94.22%).



Gambar 4.7 Hasil Percobaan Pada *Prototype*



Gambar 4.8 Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

Dengan hasil perhitungan secara manual didapat hasil sebagai berikut.

Kecepatan= 60 , Jarak= 84.62

μ_{tinggi} = (60; 40, 80, 110, 120)

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

μ_{rendah} = (60; -2, -1, 20, 60)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a},1,\frac{d-x}{d-c}\right),0\right) = max\left(min\left(\frac{60-(-2)}{(-1)-(-2)},1,\frac{60-60}{60-20}\right),0\right) = 0$$

μ_{jauh} = (84.6; 80, 160, 210, 220)

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

μ_{dekat} = (84.6; -20, 0, 40, 120)

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

W1= min (μ_{rendah}, μ_{dekat}) = min (0, 0.442) = 0

W2= min (μ_{tinggi},μ_{dekat}) = min (0.5, 0.442) = 0.442

W3= min (μ_{rendah}, μ_{jauh}) = min (0, 0.057) = 0

W4= min (μ_{tinggi},μ_{jauh}) = min (0.5, 0.057) = 0.057

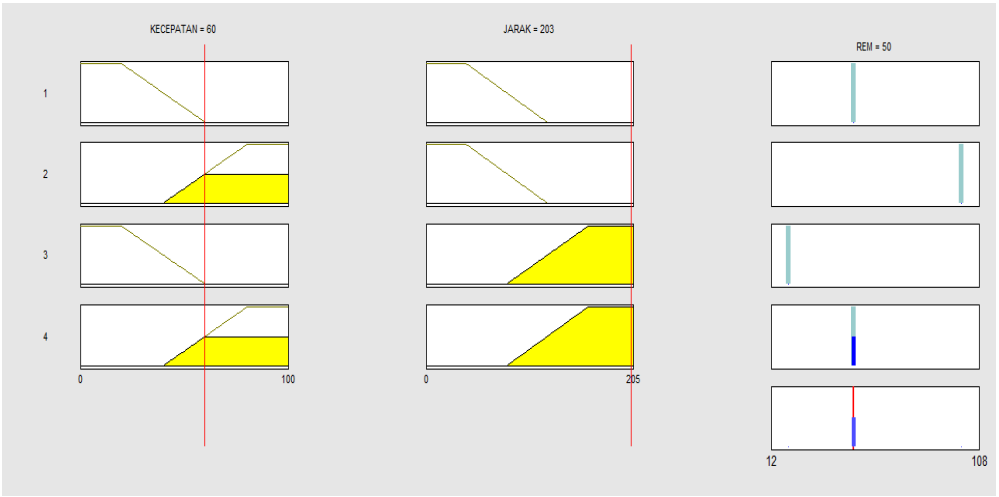
Centroid Of Area

$$Z= \frac{W1Z1+W2Z2+W3Z3+W4Z4}{W1+W2+W3+W4} = \frac{0X50+0.442X100+0X20+0.057X50}{0+0.442+0+0.057} = \frac{47.05}{0.499} = 94.2$$

2. Jika kecepatan tinggi (v= 60) dan jarak jauh (s= 202.97cm) maka rem sedang (50%).



Gambar 4.9 Hasil Percobaan Rem Sedang Pada *Prototype*



Gambar 4.10 Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

Dengan hasil perhitungan secara manual didapat hasil sebagai berikut.

Kecepatan= 60 , Jarak= 202.97

μ_{tinggi} = (60; 40, 80, 110, 120)

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

μ_{rendah} = (60; -2, -1, 20, 60)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) = max\left(min\left(\frac{60-(-2)}{(-1)-(-2)}, 1, \frac{60-60}{60-20}\right), 0\right) = 0$$

μ_{jauh} = (202.97; 80, 160, 210, 220)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) = max\left(min\left(\frac{202.97-80}{160-80}, 1, \frac{220-202.97}{220-210}\right), 0\right) = 1.537$$

μ_{dekat} = (202.97; -20, 0, 40, 120)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) = max\left(min\left(\frac{202.97-(-20)}{0-(-20)}, 1, \frac{120-202.97}{120-40}\right), 0\right) = 0$$

W1= min (μ_{rendah}, μ_{dekat}) = min (0, 0) = 0

W2= min (μ_{tinggi},μ_{dekat}) = min (0.5, 0) = 0

W3= min ($\mu_{rendah,}$ μ_{jauh}) = min (0, 1.537) = 0

W4= min ($\mu_{tinggi,}\mu_{jauh}$) = min (0.5, 1.537) = 0.5

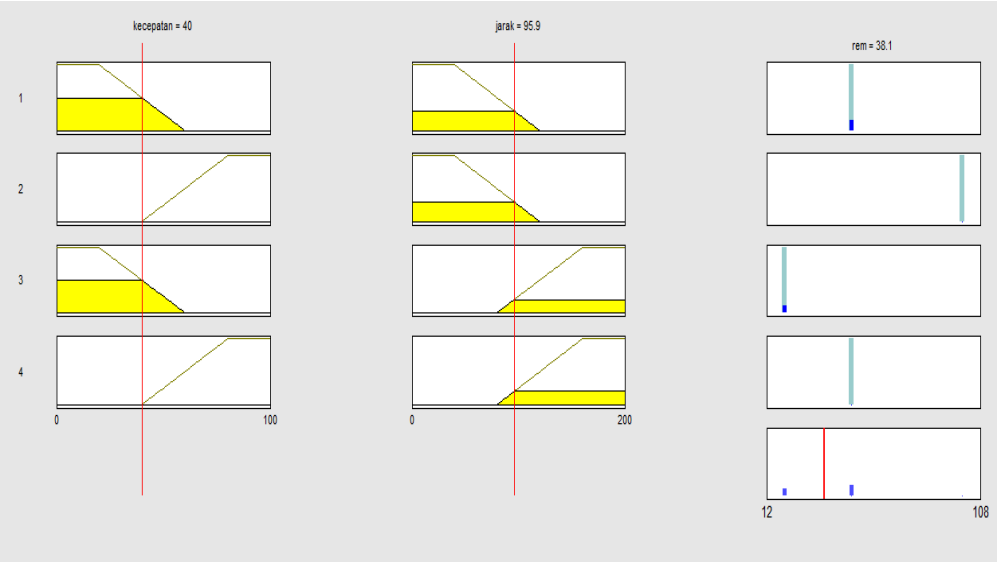
Centroid Of Area

$$\text{Rem} = \frac{W1Z1+W2Z2+W3Z3+W4Z4}{W1+W2+W3+W4} = \frac{0X50+0X100+0X20+0.5X50}{0+0+0+0.5} = \frac{25}{0.5} = 50$$

3. Jika kecepatan rendah (v= 40) dan jarak jauh (s= 95.93cm) maka rem sedikit (38.05%).



Gambar 4.11 Hasil Percobaan Rem Sedang Pada *Prototype*



Gambar 4.12 Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

Dengan hasil perhitungan secara manual didapat hasil sebagai berikut.

Kecepatan= 40 , Jarak= 95.93

μ_{tinggi} = (60; 40, 80, 110, 120)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a},1,\frac{d-x}{d-c}\right),0\right) = max\left(min\left(\frac{40-40}{80-40},1,\frac{120-40}{120-110}\right),0\right) = 0$$

μ_{rendah} = (40; -2, -1, 20, 60)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a},1,\frac{d-x}{d-c}\right),0\right) = max\left(min\left(\frac{40-(-2)}{(-1)-(-2)},1,\frac{60-40}{60-20}\right),0\right) = 0.5$$

μ_{jauh} = (95.93; 80, 160, 210, 220)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a},1,\frac{d-x}{d-c}\right),0\right) = max\left(min\left(\frac{95.93-80}{160-80},1,\frac{220-95.93}{220-210}\right),0\right) = 0.199$$

μ_{dekat} = (95.93; -20, 0, 40, 120)

$$max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) = max\left(min\left(\frac{95.93-(-20)}{0-(-20)}, 1, \frac{120-95.93}{120-40}\right), 0\right) = 0.301$$

W1= min (μ_{rendah}, μ_{dekat}) = min (0.5, 0.301) = 0.301

W2= min (μ_{tinggi},μ_{dekat}) = min (0, 0.301) = 0

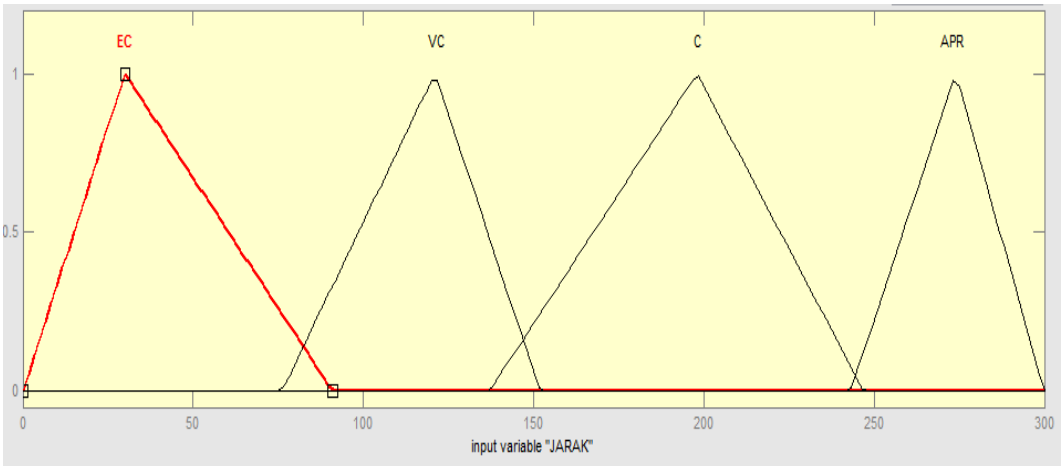
W3= min ($\mu_{rendah,}$ μ_{jauh}) = min (0.5, 0.199) = 0.199

W4= min ($\mu_{tinggi,}$$\mu_{jauh}$) = min (0, 0.199) = 0

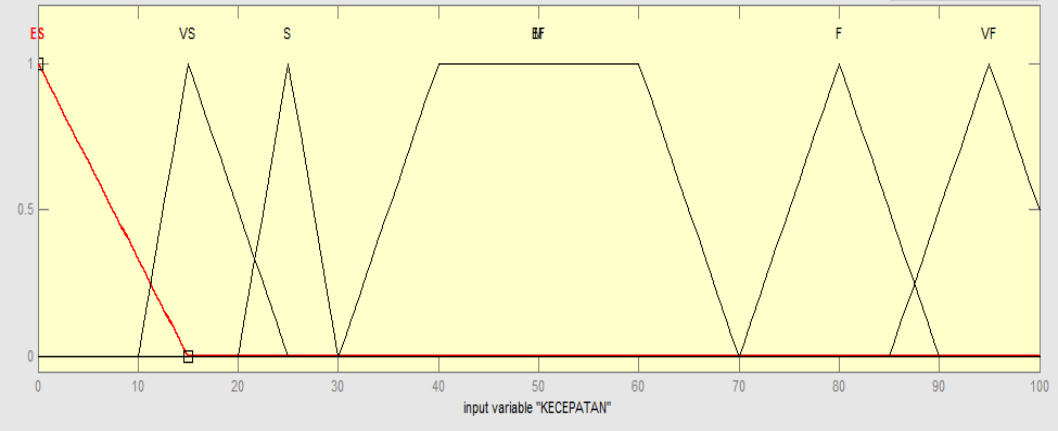
Centroid Of Area

Rem= $\frac{W1Z1+W2Z2+W3Z3+W4Z4}{W1+W2+W3+W4} = \frac{0.301X50+0X100+0.199X20+0X50}{0.301+0+0.199+0} = \frac{19.03}{0.5} = 38.06$

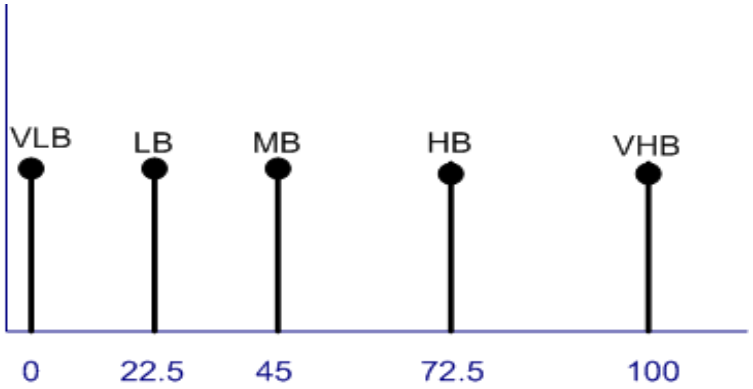
- Hasil kedua menggunakan percobaan dari fungsi keanggotaan referensi.



Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan Jarak



Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Kecepatan



Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Rem

Tabel 4.10 Aturan Fuzzy Pada Pengereman Mobil

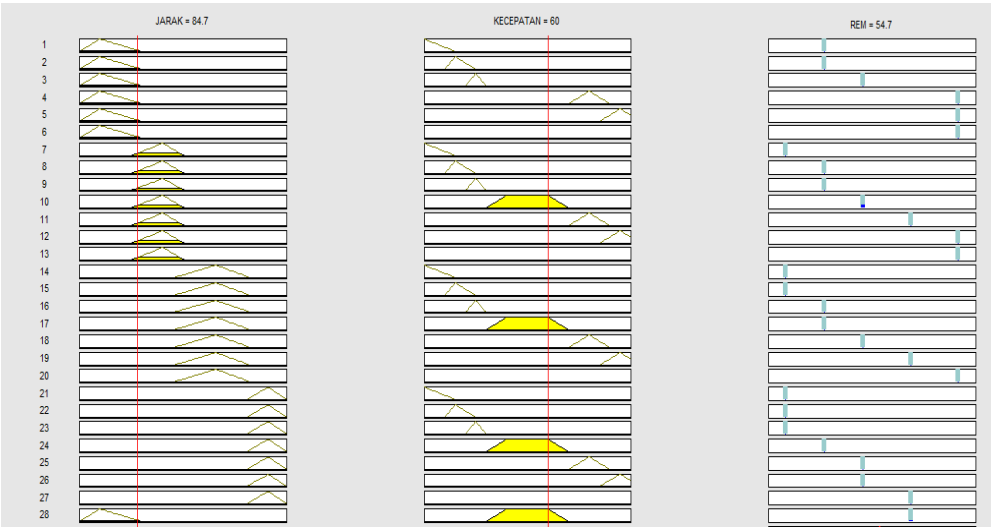
V / S	ES	VS	S	M	F	VF	EF
EC	LB	LB	MB	HB	VHB	VHB	VHB
VC	VLB	LB	LB	MB	HB	VHB	VHB
C	VLB	VLB	LB	LB	HB	HB	VHB
APR	VLB	VLB	VLB	LB	MB	MB	HB

Jarak Mobil(cm)	**Kecepatan Mobil**	**Rem Mobil**
EC = Extreme Close	ES = Exteme Slow	VLB = Very Light Break
VC = Very Close	VS = Very Slow	LB = Light Break
C = Close	S = SLow	MB = Medium Break
APR = Approacing	M = Medium	HB = Heavy Break
	F = Fast	VHB = Very Heavy Break
	VF = Very Fast	
	EF = Extreme Fast	

1. Jika kecepatan sedang M (v= 60) dan jarak dekat EC (s= 84.65 cm) maka rem sedangHB (54.7%).



Gambar 4.16 Hasil Percobaan Pada *Prototype*

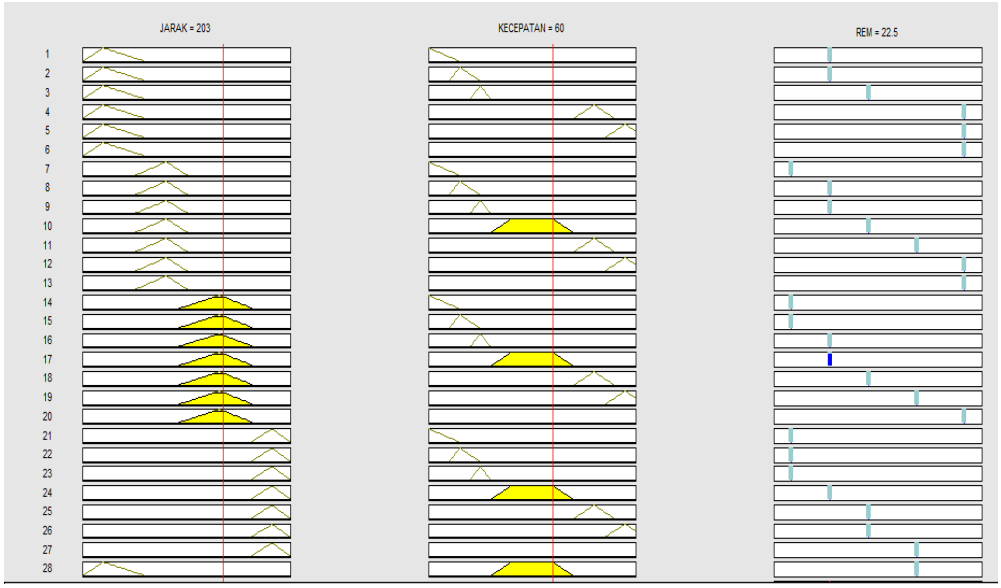


Gambar 4.17 Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

2. Jika kecepatan sedangM (v= 60) dan jarak jauh APR (s= 203.40cm) maka rem sedikitLB (22.5%).



Gambar 4.18 Hasil Percobaan Pada *Prototype*

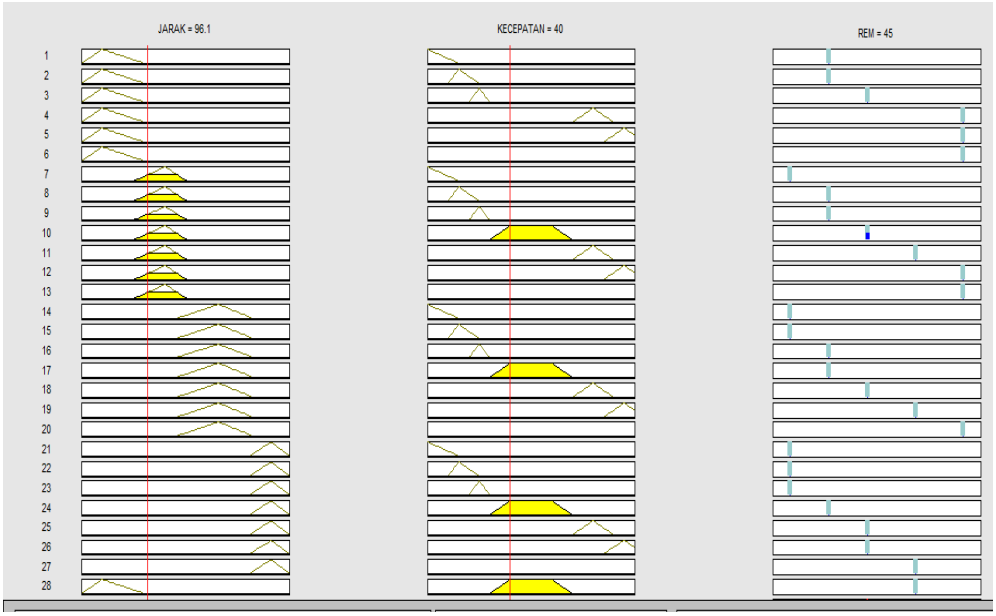


Gambar 4.19 Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

3. Jika kecepatan sedang M (v= 40) dan jarak dekatVC (s= 96.13cm) maka rem sedikit HB(45%).



Gambar 4.20 Hasil Percobaan Pada *Prototype*



Gambar 4.21 Hasil Perhitungan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Matlab

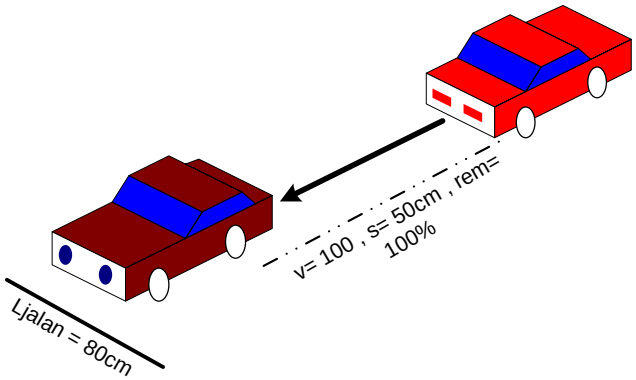
Tabel 4.11 Perbandinganpresentase penekanan pada rem

Kecepatan		Jarak		Rem	
FIS-1	FIS-2	FIS-1	FIS-2	FIS-1	FIS-2
60	60	84.62	84.65	94.2%	54.7%
60	60	202.97	203.40	50%	22.5%
40	40	95.93	96.13	38.05%	45%

Hasil analisis pada kontrol logika fuzzy baik secara perhitungan matematis maupun dengan matlab didapat hasil yang presisi dengan hasil pada mobil *prototype*.Hasil percobaan kedua mendapatkan hasil yang lebih baik dari percobaan satu dengan meminimkan tekanan rem sebanyak 10-20% berdasarkan jarak yang terukur.Hal ini membuktikan metode logika fuzzy berhasil diterapkan pada mobil *prototype*.

3.6. Skenario Pengujian

Setelah mendapatkan hasil analisis dari pengujian keseluruhan maka selanjutnya mobil *prototype* diuji dengan skenario pengujian yang telah dibuat, tujuan ini berfungsi agar simulasi mobil *prototype* mendapatkan hasil yang baik di berbagai macam halangan.

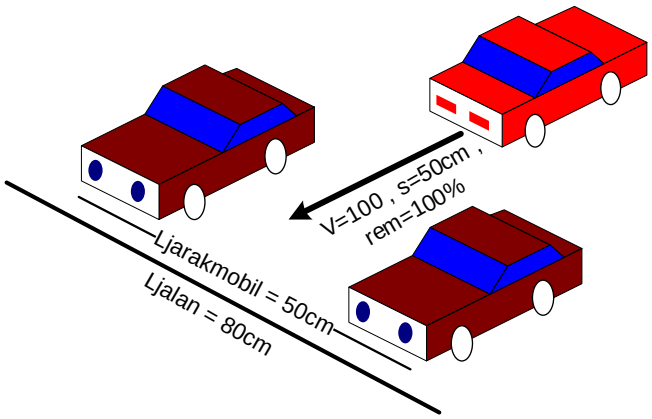


Gambar 4.13 Skenario 1



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Skenario 1 Pada *Prototype*

Pada Gambar 4.13 diatas skenario dengan satu *obstacle* dimana mobil (a) sedang berhenti dan mobil (b) yang telah terintegrasi dengan pengereman otomatis melaju dengan kecepatan 100%, pada jarak 50cm mobil (b) akan melakukan pengereman 100%. Mobil akan berhenti total berjarak ± 5-10 cm dengan obstacle didepannya.

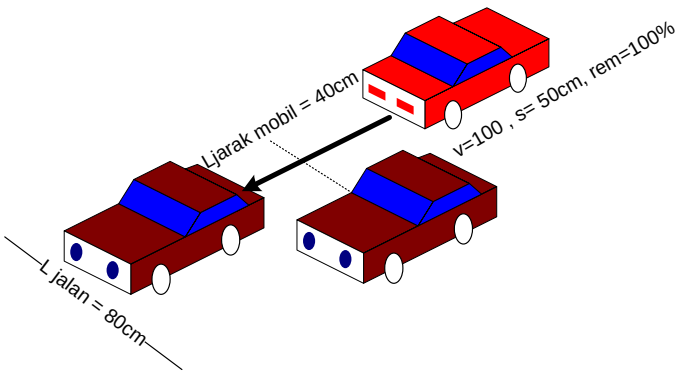


Gambar 4.15 Skenario 2



Gambar 4.16 Hasil Simulasi Skenario 1 Pada *Prototype*

Pada Gambar 4.15 diatas skenario dengan dua *obstacle* dimana mobil (a) dan (b) sedang berhenti dan mobil (c) yang telah terintegrasi dengan pengereman otomatis dapat melaju diantara mobil karena tidak terdeteksi adanya jarak untuk pengereman.



Gambar 4.17 Skenario 3



Gambar 4.18 Hasil Simulasi Skenario 2 Pada *Prototype*

Pada Gambar 4.17 diatas skenario dengan dua *obstacle* dimana mobil (a) berada didepan mobil (c) sedangkan mobil (b) berada disebelah kiri, mobil (c) yang telah terintegrasi dengan pengereman otomatis melaju dengan kecepatan 100% pada jarak 50cm mobil (c) akan melakukan pengereman 100%. Mobil akan berhenti total berjarak ± 5-10 cm dengan obstacle didepannya.Penempatan sensor pun harus diperhatikan agar sensor mendapatkan hasil jarak yang presisi.

Dari hasil pengujian (baik secara perangkat keras/hardware maupunperangkat lunak/software) dan pengukuran yang telah dilakukan, hasil yangdidapatkan telah sesuai dengan apa yang akan dirancang dalam tugas akhir ini. Dimana pada perangkat masukan/*input* terdapat sensor ultrasonik PING yang berfungsi sebagai pendeteksi adanya *obstacle* didepan mobil.Semua perangkat masukan tersebut dapat bekerja dengan baik serta dapat memberikan masukan pada mikrokontroler untuk selanjutnya diproses.

Pada perangkat pemroses (mikrokontroler AVR ATMega 16) bekerja dengan baik. Dimana ketika diberi instruksi program untuk membaca setiap masukan dari perangkat masukan, mikrokontroler akan melakukan eksekusi terhadap perangkat keluaran sesuai dengan instruksi program yang telah dibuat.

Pada perangkat keluaran/*output*terdapat *Liquid Crystal Display*(LCD) 16x2 yang berfungsikan sebagai penampil jarak, kecepatan motor dan presentase kekuatan pengereman. Terdapat *motor DC* yang berfungsi sebagai pengerak roda

pada mobil *prototype.*Terdapat *buzzer*yang berfungsi untuk memberikan informasi berupa bunyi ketika mobil *prototype* dalam keadaan jarak darurat. Terdapat *motor servo* yang berfungsi sebagai pengereman pada mobil *prototype*, *motor servo* yang akan bekerja secara otomatis ketika ada perintah pengereman dari hasil kontrol logika fuzzy.Semua perangkat keluaran tersebut bekerja dengan baik sesuai dengan instruktur program yang dibuat.Sehingga dapat dianalisis bahwa kinerja dari semua perangkat secara keseluruhan (baik dari sisi perangkat masukan, pemrosesan dan keluaran) dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya.