

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Perakitan Alat

Setelah melakukan tahapan perancangan desain *wiring*, langkah selanjutnya dengan melakukan perakitan alat. Adapun perakitan komponen alat sebagai berikut :

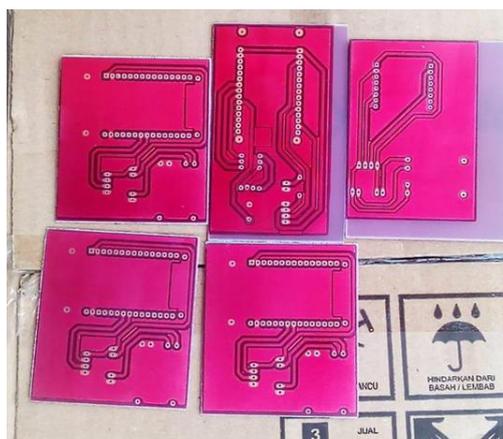
1. Perakitan Electronic Box



**Gambar IV. 1** Elektronik Box

Pada rancang bangun perlu adanya sarana untuk meletakkan komponen baik sensor *input* dan komponen *output* lainnya. Pada penelitian ini electronic box dibutuhkan ada 4 *item* untuk sensor box dengan ukuran 40 mm x 70 mm serta 1 *item* untuk *monitor box* dengan ukuran 40 x 120 mm pada dashboard pengemudi.

2. Perakitan PCB (Printed Circuit Board)



**Gambar IV. 2** PCB

Perakitan papan *PCB* digunakan sebagai tempat peletakan seluruh komponen yang akan dipasang. Bentuk *layout* PCB ditunjukkan pada

lampiran 1. Pada penelitian ini pembuatan papan PCB dilakukan oleh pihak ketiga dengan dilakukan fabrikasi dan proses penyolderan komponen dilakukan pemberian pasta solder dilanjutkan mesin secara manual dengan meletakkan komponen SMD (Surface Mount Device) pada pasta solder.

### 3. Perakitan Mikrokontroler



**Gambar IV. 3** Solder PCB mikrokontroler

Perakitan mikrokontroler dipasang pada papan PCB yang tersedia dengan cara disolder rapi dan dipasang pada lokasi komponen yang telah ditentukan. Perakitan diperlukan untuk proses integrasi antar komponen ke dalam suatu sistem sehingga lebih efektif dan efisien.

### 4. Perakitan Sensor Ultrasonik



**Gambar IV. 4** Perakitan sensor input

Perakitan sensor ultrasonik sebagai *input* dipasang pada setiap titik pada sisi kendaraan dengan dihubungkan pada papan PCB terintegrasi dan pasang menggunakan *connector molex*. Adapun perakitannya sebagai berikut :

- a. Kaki sensor Trig disambungkan pada pin mikrokontroler GPIO23.
- b. Kaki sensor Echo disambungkan pada pin mikrokontroler GPIO22.
- c. Kaki sensor VCC disambungkan pada port 5V.
- d. Kaki sensor GND disambungkan pada pin mikrokontroler pin 2/  
GND.

Perakitan sensor tersebut untuk sisi depan, sisi kiri dan sisi kanan. Untuk sisi belakang sensor dipasang pada pin mikrokontroler dengan ESP 32 CAM. Adapun penggunaan sebagai berikut :

- a. Kaki sensor Trig Pin 13 disambungkan pada pin mikrokontroler GPIO23.
- b. Kaki sensor Echo disambungkan pada pin mikrokontroler pin GPIO14.
- c. Kaki sensor VCC disambungkan pada port 5V.
- d. Kaki sensor GND disambungkan pada pin mikrokontroler pin GND.

#### 5. Perakitan *Buzzer*



**Gambar IV. 5** Perakitan buzzer suara

Perakitan buzzer digunakan sebagai *output* suara sesuai kategori. Adapun penggunaan pin pada buzzer yang terhubung pada mikrokontroler sebagai berikut :

- a. Menentukan kaki pada buzzer.
- b. Kaki (-) negatif disambungkan pada buzzer masuk ke port GND pada mikrokontroler.
- c. Kaki (+) pada disambungkan ke PIN 10/GPIO32 pada mikrokontroler.

## 6. Perakitan LCD

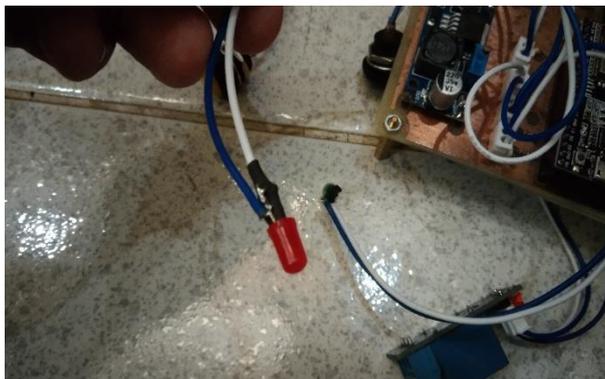


**Gambar IV. 6** Perakitan LCD

Perakitan LCD I2C berfungsi untuk visual menampilkan jarak serta hasil perhitungan logika *fuzzy* dengan defuzzifikasi kategori logika *fuzzy* yang ditentukan. Adapun penggunaan 4 pin pada LCD yang terhubung ke mikrokontroler sebagai berikut :

- a. Menentukan kaki pada LCD i2C
- b. Kaki SDA pada LCD i2C masuk ke pin 1/GPIO22 Pada mikrokontroler.
- c. Kaki SCL pada LCD i2C masuk ke pin 1/ VDD 3V3 pada mikrokontroler.
- d. Kaki VCC pada LCD i2C masuk ke pin1/GPIO19 pada mikrokontroler.
- e. Kaki GND pada LCD i2C masuk ke pin GND pada mikrokontroler.

## 7. Perakitan Lampu LED



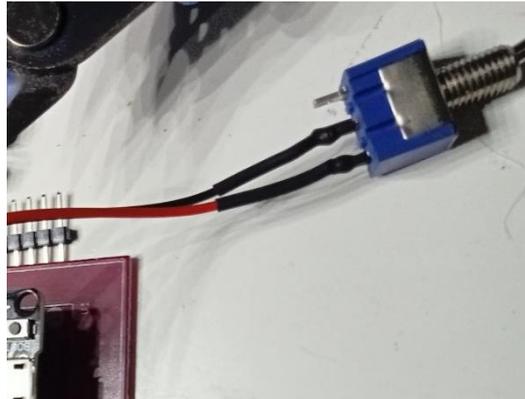
**Gambar IV. 7** Perakitan LED RGB

Perakitan lampu LED sebagai *output* peringatan dengan warna merah, hijau, biru bahwa membagi jarak berdasarkan kategori dan *range fuzzy* yang telah ditetapkan. Adapun Adapun penggunaan 4 pin pada LCD yang terhubung ke mikrokontroler sebagai berikut :

- a. Menentukan pin pada lampu LED.

- b. Kaki (+) pada lampu LED pada lampu LED masuk ke port I/O13 pada mikrokontroler.
  - c. Kaki (-) pada lampu LED masuk ke port GND pada mikrokontroler.
8. Perakitan *switch on/off*

Perakitan *switch on/off* untuk menghidupkan dan mematikan sistem pada komponen *input*. Adapun perakitan *switch on/off* sebagai berikut :



**Gambar IV. 8** Perakitan switch off/on input

- a. Kaki (+) positif pada switch on/off masuk pada port 3v3.
  - b. Kaki (-) negatif pada switch on/off masuk pada port switch PCB.
9. Perakitan *Push Button*



**Gambar IV. 9** Perakitan push button monitor

Perakitan *push button* dipasang untuk mengganti *menu* pilihan pada LCD. Adapun perakitan push button sebagai berikut :

- a. Kaki (+) positif pada *push button* masuk ke pin 3/GPIO15 pada mikrokontroler.

- b. Kaki (-) negatif pada push button masuk ke port GND pada mikrokontroler.

#### 10. Perakitan *Modul Charger* TP4056

Perakitan *modul charger* sebagai media pengisi daya atau



**Gambar IV. 10** Perakitan modul charger battery

tegangan pada baterai *Litium* yang dipasang pada alat sebagai lubang arus pengisian. Adapun perakitan pada modul charger sebagai berikut:

- a. Pin OUT (-) negatif pada modul charger masuk ke *port* GND pada mikrokontroler.
- b. Pin B (-) negatif pada *modul charger* disambungkan pada baterai (-), VCC pada sensor dan pin 2 GND.
- c. Pin B (+) positif pada *modul charger* disambungkan pada baterai (+).
- d. Pin OUT (+) positif pada *modul charger* masuk sirkuit jalur *switch* (+).

#### 11. Perakitan ESP32-CAM dengan sensor *input*



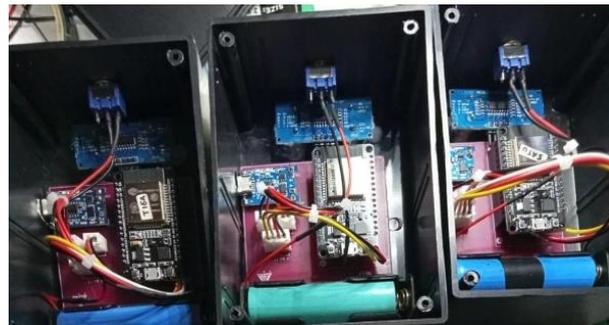
**Gambar IV. 11** Perakitan ESP32-CAM

Perakitan ESP32-CAM dengan sensor *input* berfungsi untuk *monitoring* pada sisi belakang kendaraan bus yang tidak terlihat pada kaca spion pengemudi dengan dipasang sensor *input*. Adapun perakitan ESP32-CAM sebagai *input* output sebagai berikut:

- a. Kaki VCC pada sensor *input* masuk ke pin GND pada ESP32-CAM.
- b. Kaki Trig pada sensor *input* masuk ke pin GPI/O 16 pada ESP32-CAM.
- c. Kaki Echo pada sensor *input* masuk ke pin GPI/O 3 pada ESP32-CAM.
- d. Kaki GND pada sensor *input* masuk ke pin 5V pada ESP2-CAM.

#### 12. Pemasangan komponen pada box

Setelah melakukan tahapan perakitan komponen tahapan selanjutnya dengan memasang komponen pada kotak hitam dengan menentukan posisi komponen agar lebih rapi.



**Gambar IV. 12** Pemasangan komponen

## IV.2 Pemrograman Alat

Tahap selanjutnya merupakan tahap pemrograman alat untuk menjalankan fungsi dan fitur pada rangkaian alat yang telah disusun. Adapun tahapan pemrograman alat sebagai berikut:

1. Pemrograman sensor *input* pada sistem

```
void setup() {  
  // Init Serial Monitor  
  Serial.begin(115200);  
  // configure the trigger pin to output mode  
  pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);  
  // configure the echo pin to input mode  
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);  
  // Set device as a Wi-Fi Station  
  WiFi.mode(WIFI_STA);  
}
```

```
// Init ESP-NOW
if (esp_now_init() != ESP_OK) {
  Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
  return;
}
```

**Gambar IV. 13** Pemrograman *input*

Pada gambar IV.13, proses integrasi menggunakan fungsi *ESP-NOW* untuk komunikasi nirkabel perangkat serta menghubungkan mikrokontroler melalui Wi-fi sebagai media pengiriman data sensor ke monitor utama.

```
void loop() {
  // generate 10-microsecond pulse to TRIG pin
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  // measure duration of pulse from ECHO pin
  duration_us = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
  // calculate the distance
  distance_cm = 0.017 * duration_us*100;
  dat = distance_cm*100;
  // print the value to Serial Monitor
  Serial.print("distance: ");
  Serial.print(dat);
  Serial.println(" cm");
}
```

**Gambar IV. 14** Pengkodean jarak

Pada gambar IV.14, pin sensor TRIG digunakan untuk mengukur jarak dengan membaca pantulan objek dan mengirimkan hasilnya ke serial monitor dari sisi kendaraan. Proses pembacaan jarak menggunakan satuan cm (centimeter) dengan *delay* pembacaan 10 ms untuk memastikan bahwa sensor membaca dengan baik.

```
if (millis() - lastDebounceTime >
  debounceDelay) {
  // Hanya jika nilai push button telah stabil
  // dalam jangka waktu debouncing
  if (reading != buttonState) {
    buttonState = reading;
    // Jika push button ditekan
    if (buttonState == LOW) {
      // Mengubah status LED
      ledState = !ledState;
      if (mode <4){
```

**Gambar IV. 15** Pengkodean hasil pembacaan jarak

Pada gambar IV.15, program membaca hasil jarak sensor *input* pada seluruh sisi. Ketika proses pembacaan sensor berjalan sesuai waktu yang ditentukan. Penentuan *interval* pembacaan menggunakan fungsi *mills* sehingga pengiriman data tidak terganggu dan menghentikan proses lainnya.

2. Pemrograman integrasi sensor *input* dengan *monitor* pada sistem

```
//Set device as a Wi-Fi Station
WiFi.mode(WIFI_STA);
//Init ESP-NOW
if (esp_now_init() != ESP_OK) {
  Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
  return;
}
```

**Gambar IV. 16** Pengkodean integrasi tiap sisi sensor input

Pada gambar IV.16, setiap sisi dihubungkan menggunakan perintah untuk integrasi antar perangkat dari *monitor box* utama dengan seluruh sensor *input*. Jika saat pengiriman data *input* terdapat kesalahan maka keluar pesan dan program dimulai dari awal.

3. Pemrograman LED RGB dan Buzzer suara pada sistem

```
if (semuaSatu()){Serial.println("aman");
  Serial.println("aman");
  alert=3;
else if (adaDuaTanpaTiga()){
  Serial.println("hati-hati");
  alert=2;
else if (adaTiga()){
  Serial.println("bahaya");
  alert=1;
```

**Gambar IV. 17** Pengkodean LED dan buzzer

Pada gambar IV.17, pengkodean LED dan Buzzer diatur berdasarkan kondisi dan posisi saat *input* mendeteksi objek. Kode diatas mengendalikan warna lampu dan keras lemahnya bunyi buzzer pada perintah lanjutan.

```
if (alert == 1){
  tone(buzz, 250);
  digitalWrite(ledgreen, LOW);
  digitalWrite(ledred, HIGH);
  digitalWrite(ledblue, LOW);
} else if (alert == 2){
```

```

noTone(buzz);
analogWrite(ledgreen, 100);
digitalWrite(ledred, HIGH);
digitalWrite(ledblue, LOW);
} else if (alert == 3){
noTone(buzz);
digitalWrite(ledgreen, HIGH);
digitalWrite(ledred, LOW);
digitalWrite(ledblue, LOW);
}

```

**Gambar IV. 18** pengkodean rules komponen LED

Pada gambar IV.18, bunyi buzzer dan nyala LED mengikuti hasil proses defuzzifikasi pada logika *fuzzy*. Bunyi buzzer akan menyala ketika sensor mendeteksi pada kategori kondisi bahaya saja. Hal tersebut tidak menyala pada setiap kategori agar pengemudi bus tidak terganggu.

#### 4. Pemrograman kamera pada sistem

```

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
pinMode(13, INPUT_PULLUP);
pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif
// camera init
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
Serial.printf("Camera init failed with error
0x%x", err);
return;
}

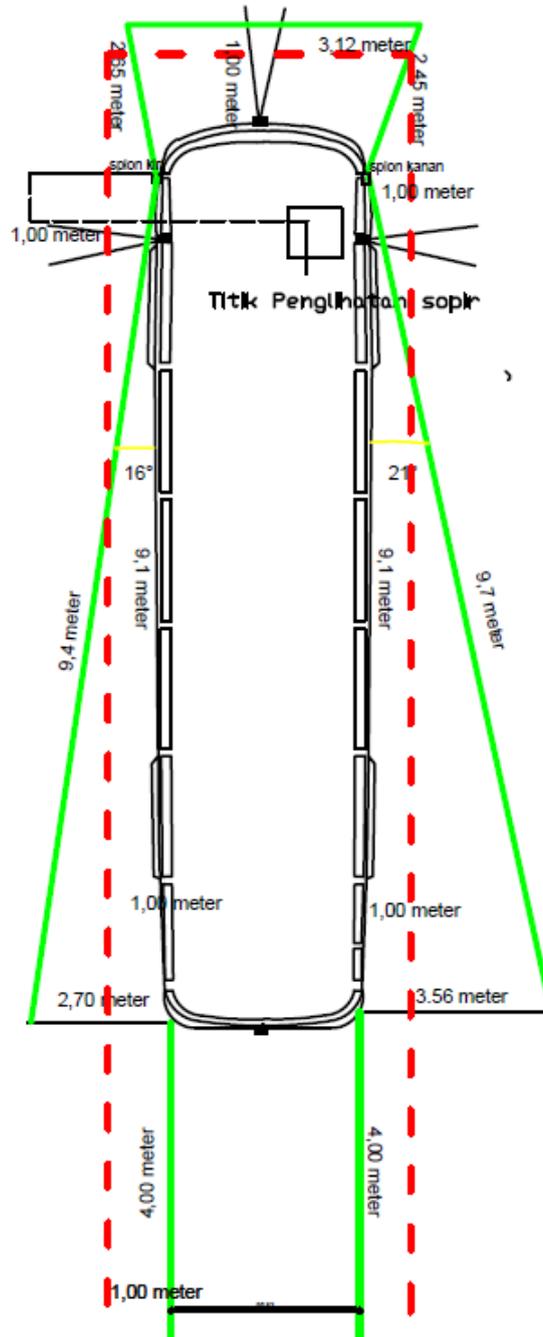
```

**Gambar IV. 19** Pengkodean kamera

Pada gambar IV.19, pengkodean kamera mendefinisikan pin ESP32CAM sebagai *input* objek. Jika saat proses *input* terjadi kesalahan membaca objek maka kamera akan mengirimkan pesan dan tampilan menjadi hitam.

### IV.3 Pengukuran dan Peletakan Alat pada Kendaraan Bus

Pengukuran dan peletakan alat dilakukan pada unit kendaraan bus Batik Solo Trans di Garasi PT. Bengawan Solo Trans. Perangkat sistem yang telah dibuat dapat diaplikasikan secara langsung pada kendaraan dengan hasil pengukuran dan penempatan posisi sensor box sebagai berikut:



**Gambar IV. 20** Pengukuran area blind spot

Dari hasil pengukuran pada gambar IV.20 merupakan sketsa dari bus Hino FC 190 dengan dimensi panjang 9.100 mm dan lebar 2.160 mm. Area yang dapat terlihat oleh pengemudi ditunjukkan pada garis hijau. Terlihat bahwa area sisi kanan dan sisi kiri kendaraan memiliki jarak yang jauh satu sama lain. Sisi kanan memiliki jangkauan area yang terlihat oleh pengemudi lebih besar dikarenakan ada spion kontrol jauh yang terdapat di sisi ujung kaca pintu depan pengemudi.

Sebaliknya, area yang ada di sisi kiri pengemudi mengalami kesulitan karena spion yang terpasang di kendaraan bus tidak dapat menjangkau seluruh area pada sisi depan kiri kendaraan. Dengan garis merah putus-putus, sensor dapat mendeteksi lebih jauh dari jarak kondisi dan posisi aman. Selain itu, semakin jauh ke belakang garis merah putus-putus, sensor sudah berada di area yang tertutup dan dapat dilihat oleh pengemudi melalui kaca spion.



**Gambar IV. 21** Penempatan sensor pada sisi kendaraan

Pada gambar IV.21, bahwa sisi kanan dan kiri kendaraan depan diletakkan dengan jarak 100 cm dari depan bus. Peletakkan dimaksudkan untuk meng-cover area yang tidak terlihat oleh pengemudi bus dari kaca spion. Sensor ditempatkan dengan tinggi 110 cm (centimeter) dari tanah, memiliki jangkauan 15 cm dan area deteksi maksimal  $\pm 80$  cm (centimeter). Sensor ini dapat mendeteksi objek setinggi sepeda motor atau mobil sedan. Tempat peletakan ditunjukkan dalam lampiran 4.

#### IV.4 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui rata-rata kesalahan pembacaan, pengujian metode logika fuzzy hingga pengujian fungsional. Adapun beberapa pengujian pada alat sebagai berikut :

a. Pengujian deteksi pada objek jarak dekat

Pengujian jarak dekat dilakukan pada kategori *membership function* dekat pada range 0 – 100 cm. Pengujian dilakukan dengan posisi objek sepeda motor di depan dengan jarak diukur menggunakan meteran. Data yang diambil adalah ketika sensor mendeteksi adanya objek. Pengambilan data dilakukan saat kendaraan bus diam.

**Tabel IV. 1** Hasil pengujian deteksi jarak dekat

No	Input		Hasil Uji			
	Jarak	Output Sistem	Selisih	Error	Kategori Fuzzy	Output Kondisi
1.	30	30	0	0,00%	Dekat	Bahaya
2.	35	35	0	0,00%	Dekat	Bahaya
3.	40	40	0	0,00%	Dekat	Bahaya
4.	45	45	0	0,00%	Dekat	Bahaya
5.	50	50	0	0,00%	Dekat	Bahaya
6.	55	55	0	0,00%	Dekat	Bahaya
7.	60	61	1	0,01%	Dekat	Bahaya
8.	63	65	2	0,03%	Dekat	Bahaya
9.	70	72	2	0,03%	Dekat	Bahaya
10.	75	74	1	0,01%	Dekat	Bahaya
11.	78	79	1	0,01%	Dekat	Bahaya
12.	83	83	0	0,00%	Dekat	Bahaya
13.	87	86	1	0,01%	Dekat	Bahaya
14.	95	94	1	0,01%	Dekat	Bahaya
15.	100	99	1	0,01%	Dekat	Bahaya

**Rata-rata error : 0,001%**

Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel IV.1, kemampuan sensor ultrasonik HC-SR04 pada alat deteksi *blind spot* dapat mendeteksi objek pada pengukuran jarak dekat dengan *output* kategori yang diharapkan dengan rentang 0-100 cm. Hasil uji yang telah dilakukan menghasilkan *output* selisih pembacaan yang berbeda-beda karena dari setiap uji yang dilakukan perhitungan untuk menghitung selisih antar keduanya dengan menggunakan persamaan (13). Hasil uji

yang ditunjukkan berupa selisih dan besarnya kesalahan pembacaan jarak. Dari percobaan pembacaan sensor dengan jarak 55 cm tidak mengalami error akan tetapi ketika sudah masuk uji jarak 60 cm sudah mulai terlihat kesalahan.

Hasil keseluruhan pengujian alat objek jarak dekat sebanyak 15 x (lima belas) kali didapatkan rata-rata error pembacaan sebesar 0,001% . Hasil tersebut didapat dari perhitungan dengan menjumlahkan seluruh hasil dan dibagi dengan banyaknya pengujian. Nilai fuzzy dalam derajat keanggotaan yang dideteksi alat dapat dilihat pada lampiran 10.

b. Pengujian deteksi pada objek jarak sedang

Pengujian jarak sedang dilakukan ada kategori sedang dengan *range* 101-199 cm. Pengujian dilakukan dengan posisi objek sepeda motor didepan dengan jarak diukur menggunakan meteran. Data yang diambil adalah ketika jarak objek dideteksi output sistem dengan *output* aktual. Pengambilan data dilakukan kendaraan bus diam.

**Tabel IV. 2** Hasil pengujian deteksi jarak sedang

No	Input		Hasil Uji			
	Jarak	Output Sistem	Selisih	Error	Kategori Fuzzy	Output Kondisi
1.	110	109	1	0,01%	Sedang	Hati-Hati
2.	115	115	0	0,00%	Sedang	Hati-Hati
3.	120	119	1	0,01%	Sedang	Hati-Hati
4.	125	124	1	0,01%	Sedang	Hati-Hati
5.	130	129	1	0,01%	Sedang	Hati-Hati
6.	145	143	2	0,03%	Sedang	Hati-Hati
7.	150	150	0	0,00%	Sedang	Hati-Hati
8.	155	155	0	0,00%	Sedang	Hati-Hati
9.	165	163	2	0,03%	Sedang	Hati-Hati
10.	170	170	0	0,00%	Sedang	Hati-Hati
11.	177	175	2	0,03%	Sedang	Hati-Hati
12.	185	187	2	0,03%	Sedang	Hati-Hati
13.	190	189	1	0,01%	Sedang	Hati-Hati
14.	197	195	2	0,03%	Sedang	Hati-Hati
15.	199	199	0	0,00%	Sedang	Hati-Hati
<b>Rata- rata error: 0,001%</b>						

Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel IV.2, objek yang diletakkan pada jarak sedang mampu dideteksi oleh sensor dengan jarak yaitu 101-199 cm. Hasil uji yang telah dilakukan didapatkan selisih

pembacaan untuk menghitung besarnya error pembacaan sensor menggunakan persamaan (13).

Hasil keseluruhan pengujian alat objek jarak sedang sebanyak 15 x (lima belas) kali didapatkan rata-rata error pembacaan sebesar 0,001%. Hasil tersebut didapat dari perhitungan dengan menjumlahkan seluruh hasil error dibagi dengan banyaknya pengujian. Nilai fuzzy dalam derajat keanggotaan yang dideteksi alat dapat dilihat pada lampiran 11.

c. Pengujian deteksi pada objek jarak jauh

Pengujian jarak jauh dilakukan pada range 200-300 cm. Data yang diambil adalah ketika jarak objek dideteksi dengan hasil output sistem *output* aktual. Adapun hasil pengujian sebagai berikut :

**Tabel IV. 3** Hasil pengujian deteksi jarak jauh

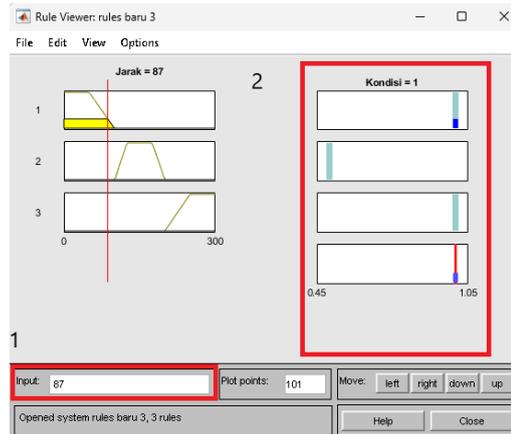
No	Input		Hasil Uji			
	Jarak	Output Sistem	Selisih	Error	Kategori Fuzzy	Output Kondisi
1.	215	215	0	0,00%	Jauh	Aman
2.	225	226	1	0,01%	Jauh	Aman
3.	235	235	0	0,00%	Jauh	Aman
4.	240	242	2	0,03%	Jauh	Aman
5.	245	245	0	0,00%	Jauh	Aman
6.	250	252	2	0,03%	Jauh	Aman
7.	255	255	0	0,00%	Jauh	Aman
8.	260	261	1	0,01%	Jauh	Aman
9.	265	265	0	0,00%	Jauh	Aman
10.	270	272	2	0,03%	Jauh	Aman
11.	280	280	0	0,00%	Jauh	Aman
12.	285	287	2	0,03%	Jauh	Aman
13.	290	290	0	0,00%	Jauh	Aman
14.	295	295	0	0,00%	Jauh	Aman
15.	300	300	0	0,00%	Jauh	Aman
<b>Rata-rata error :0,001%</b>						

Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel IV.3, objek yang diletakkan pada jarak jauh dari sensor mampu dideteksi oleh alat dengan jarak yang terukur yaitu berada pada rentang 200-300 cm. Hasil uji telah dilakukan dan didapatkan selisih hasil pembacaan untuk menghitung besarnya error pembacaan sensor dengan menggunakan persamaan (13). Hasil keseluruhan pengujian alat objek jarak jauh sebanyak 15 x

(lima belas) kali didapatkan rata-rata error pembacaan sebesar 0,001%. Nilai fuzzy dalam derajat keanggotaan yang dideteksi alat dapat dilihat pada lampiran 12.

d. Pengujian logika fuzzy alat dengan MATLAB

Pengujian logika fuzzy sistem deteksi *blind spot* bertujuan untuk membandingkan hasil *sistem alat blind spot detector* dengan simulasi logika fuzzy menggunakan software MATLAB.



**Gambar IV. 22** Pengujian defuzzifikasi

Pada kotak merah nomor 1 peneliti memasukkan input sesuai data uji yang disediakan dan nomor 2 peneliti mengetahui hasil defuzzifikasi dengan output nilai tegas.

**Tabel IV. 4** Hasil pengujian kesesuaian output logika fuzzy

No	Jarak	Sistem		MATLAB	
		Fuzzifikasi	Defuzzifikasi Kondisi	Fuzzifikasi	Defuzzifikasi Kondisi
1	87	Dekat	Bahaya	Dekat	Bahaya
2	103	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
3	134	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
4	214	Jauh	Aman	Jauh	Aman
5	126	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
6	95	Dekat	Bahaya	Dekat	Bahaya
7	191	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
8	209	Jauh	Aman	Jauh	Aman
9	223	Jauh	Aman	Jauh	Aman
10	239	Jauh	Aman	Jauh	Aman
11	214	Jauh	Aman	Jauh	Aman
12	143	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
13	162	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
14	178	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati

15	196	Sedang	Hati-Hati	Sedang	Hati-Hati
16	240	Jauh	Aman	Jauh	Aman
17	210	Jauh	Aman	Jauh	Aman
18	248	Jauh	Aman	Jauh	Aman
19	250	Jauh	Aman	Jauh	Aman
20	275	Jauh	Aman	Jauh	Aman

Pengujian telah dilakukan dengan meletakkan objek dengan sensor ultrasonik yang terpasang pada kendaraan bus untuk mendeteksi objek di area *blind spot*. Skenario pengujian dibuat oleh peneliti untuk mensimulasikan kondisi objek di area *blind spot*.

Berdasarkan tabel IV.6, Hasil pengujian pada alat telah dilakukan sebanyak 20 x (dua puluh) kali uji untuk selanjutnya dilakukan perbandingan. Hasil perbandingan menggunakan hasil defuzzifikasi (kondisi) sistem *blind spot detector* dan software MATLAB untuk mengetahui besarnya akurasi, sehingga peneliti bisa mengetahui kelayakan alat *blind spot detector* menggunakan logika fuzzy yang sudah dirancang. Pada alat *blind spot detector* sensor mendeteksi objek dengan *output* berupa hasil jarak deteksi. Hasil deteksi tersebut dilanjutkan proses fuzzifikasi dan hasil fuzzifikasi didapatkan status fuzzifikasi jarak dan output defuzzifikasi (kondisi) pada alat. Hasil tersebut dibandingkan dengan simulasi *software MATLAB* fuzzifikasi yang ditunjukkan dengan garis yang melewati kurva trapesium dan defuzzifikasi kondisi dengan bentuk garis merah dengan parameter output yang ditunjukkan pada tabel II.12. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa sistem alat memiliki *output* yang sama dengan hasil simulasi MATLAB. Hasil *output* pada sistem *blind spot detector* mempunyai tingkat keakuratan sebagai berikut:

**Tabel IV. 5** Hasil akurasi logika fuzzy dengan confusion matrix

Sistem	Prediksi (Hasil Sistem)		
	Aman	Hati-Hati	Bahaya
Aman	10	0	0
Hati-Hati	0	8	0
Bahaya	0	0	2

Berdasarkan tabel IV.7, besarnya akurasi *output* kondisi dari alat pendeteksi *blind spot* dengan *output* kondisi pada software MATLAB dapat dihitung berdasarkan persamaan (11).

$$CM \text{ Akurasi} = \frac{(20 + 0)}{(0 + 20 + 0 + 0)}$$

$$CM \text{ Akurasi} = \frac{20}{20}$$

Akurasi : 100%

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan sebanyak 20 x (dua puluh) kali uji logika *fuzzy* memiliki besaran akurasi pada kondisi sebesar 100% terhadap output defuzzifikasi kondisi menggunakan software MATLAB. Berdasarkan hasil besaran akurasi pada output kondisi menunjukkan bahwa sistem deteksi *blind spot* berbasis logika *fuzzy* memiliki potensi besar untuk meningkatkan keamanan berkendara.

Sistem yang telah dibangun mampu memberikan peringatan yang akurat dengan membandingkan hasil alat dengan hasil simulasi logika *fuzzy* terhadap perubahan objek yang berubah-ubah dan kemampuan memberikan peringatan akurat dalam berbagai posisi objek.

e. Pengujian Kesesuaian Notifikasi

Pengujian kesesuaian notifikasi pada alat memastikan bahwa notifikasi yang dihasilkan sesuai dengan kondisi nyata disekitar kendaraan.



**Gambar IV. 23** Monitoring belakang

Pada pengujian ini peneliti berfokus pada sisi belakang kendaraan sebagai area *blind spot* total. Adapun hasil pengujian kesesuaian notifikasi pada sistem sebagai berikut:

**Tabel IV. 6** Hasil pengujian kesesuaian notifikasi sistem

No	Input		Notifikasi		Keterangan	
	Jarak	Kamera Objek	LED RGB	Buzzer	Akurasi	Kondisi
1	52	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
2	35	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
3	38	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
4	42	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
5	58	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
6	90	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
7	103	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Bahaya
8	169	Terdeteksi	Merah Hijau	Mati	100%	Hati-Hati
9	150	Terdeteksi	Merah Hijau	Mati	100%	Hati-Hati
10	135	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Hati-Hati
11	124	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Hati-Hati
12	138	Terdeteksi	Merah	Menyala	100%	Hati-Hati
13	186	Terdeteksi	Merah Hijau	Mati	100%	Aman
14	202	Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman
15	272	Tidak Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman
16	273	Tidak Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman
17	237	Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman
18	267	Tidak Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman
19	238	Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman
20	261	Tidak Terdeteksi	Hijau	Mati	100%	Aman

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel IV.9, dilakukan pengujian sebanyak 20x (dua puluh) kali untuk memastikan bahwa notifikasi yang dihasilkan oleh alat pendeteksi objek pada area *blind spot* sesuai sehingga didapatkan hasil keseluruhan kesesuaian notifikasi sebesar 100%. Pada hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membantu pengemudi dalam meningkatkan keselamatan berkendara dengan memberikan notifikasi dalam berbagai kondisi. Pada notifikasi memiliki 2 output yaitu LED RGB & Buzzer. Notifikasi LED memiliki 3 (tiga) warna. Pengujian kondisi bahaya *LED RGB* menyala dengan warna

merah disertai suara *buzzer*. Kondisi hati-hati menyala dengan *LED RGB* warna merah hijau tanpa suara *buzzer*. Kondisi aman menyala dengan *LED RGB* warna hijau tanpa suara *buzzer*. *Output* kondisi menandakan nyala warna *LED RGB* dan suara *buzzer* untuk notifikasi kondisi sesuai sistem.

Hasil perhitungan fuzzifikasi ditampilkan pada *LCD* dengan nilai *fuzzy* yang disusun sesuai posisi yaitu US (Ultrasonik Sensor). Hasil pengujian yang dilakukan US1-*front* pada posisi depan memberikan informasi yang dengan hasil perhitungan fuzzifikasi yaitu dekat, sedang dan jauh. US2-*right* pada posisi kanan memberikan informasi dengan hasil perhitungan fuzzifikasi dekat, sedang dan jauh. US3-*left* pada posisi kiri memberikan informasi dengan hasil perhitungan fuzzifikasi yaitu dekat, sedang dan jauh. US4-*rear* pada posisi belakang memberikan besarnya *input* jarak yang diukur menggunakan sensor dengan hasil perhitungan fuzzifikasi yaitu dekat, sedang dan jauh.

Selain itu, bagian belakang ditambah *input* berupa camera sebagai monitoring. Berdasarkan tabel IV.11 bahwa camera dapat mendeteksi objek maksimal 2 meter jauhnya. Namun, masih ada delay dalam pendeteksian gambar sebesar 10 detik pada kondisi real-time. Hal tersebut tidak berdampak pada hasil input pembacaan sensor dan perhitungan fuzzy.

f. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional telah dilakukan pada unit bus BRT Batik Solo Trans terdapat beberapa parameter yang diuji. Hasil pengujian yang dilakukan dibuat tabel sebagai berikut :

**Tabel IV. 7** Pengujian fungsional

No	Parameter	Hasil Uji	
		Berfungsi	Tidak
1	Mendeteksi kategori posisi dekat dengan notifikasi berupa bunyi <i>buzzer</i> dan nyala LED warna merah dan kondisi "Bahaya" pada display sistem.	✓	

No	Parameter	Hasil Uji	
		Berfungsi	Tidak
2	Mendeteksi kategori posisi sedang dengan notifikasi berupa nyala LED warna merah hijau dan kondisi "Hati-Hati" pada display sistem.	✓	
3	Mendeteksi kategori posisi jauh dengan notifikasi berupa nyala LED warna hijau dan kondisi " Aman" pada display sistem.	✓	
4	Mendeteksi tangkapan objek menggunakan kamera pada sisi belakang kendaraan sebagai alat monitoring.	✓	
5	Hasil jarak pada sistem sesuai dengan rancangan logika <i>fuzzy</i> kondisi dan posisi objek.	✓	

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel IV.10, pengujian yang dilakukan dengan jumlah komponen yaitu 5 (lima) dan jumlah parameter uji sebanyak 5 (lima) komponen dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Tingkat keberhasilan 100% tersebut disimpulkan bahwa semua komponen mampu menjalankan fungsi sesuai rancangan, perakitan dan pemrograman yang dilakukan sebelumnya. Penyampaian informasi diproses oleh sistem untuk mengenali objek yang berada didekatnya. Ketepatan dalam memberikan notifikasi berupa peringatan berdasarkan *input* yang diolah oleh sistem melalui logika *fuzzy* pada pemrograman.