

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Garasi PT Bengawan Solo Trans (Batik Solo Trans) di Jl. Adi Soemarmo, Senden, Tohudan, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.



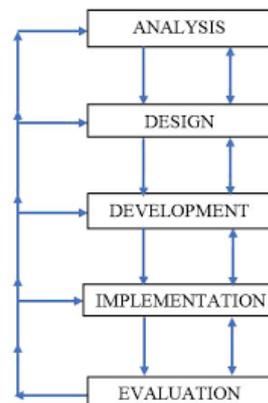
Gambar III. 1 PT Bengawan Solo Trans

III.2 Teknik Pengambilan Data Penelitian

Proses pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

- a. Data Primer, berupa pengukuran jarak *blind spot* pada bus Batik Solo Trans serta tinggi penempatan sensor ultrasonik pada kendaraan.
- b. Data Sekunder, berupa studi literatur dan penelitian terdahulu untuk mencari perbandingan dan keterbaruan fitur pada alat blindspot detector logika *fuzzy*.

III.3 Metode Penelitian



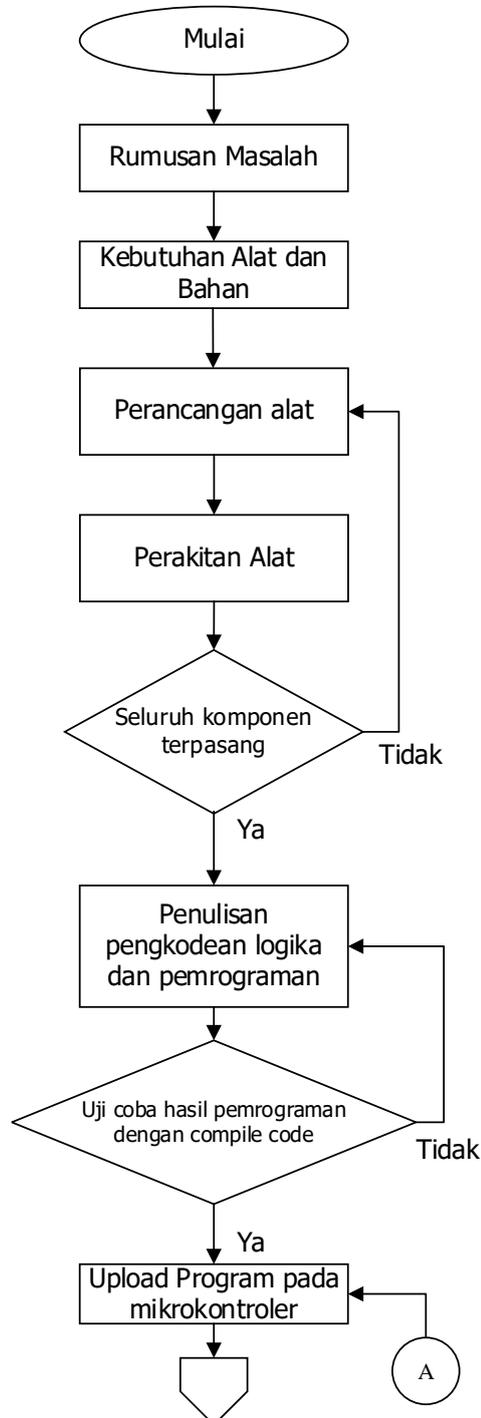
Gambar III. 2 Langkah-langkah ADDIE (Nofri, 2023)

Peneliti menggunakan metode pengembangan *ADDIE* yang dikembangkan oleh *Dick and Carry* pada tahun 1996. Menurut (Angko, 2022) metode tersebut dapat menunjukkan cara kerja sistem secara nyata, fleksibel, dinamis dan pendekatan berbasis hasil. Model *ADDIE* pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

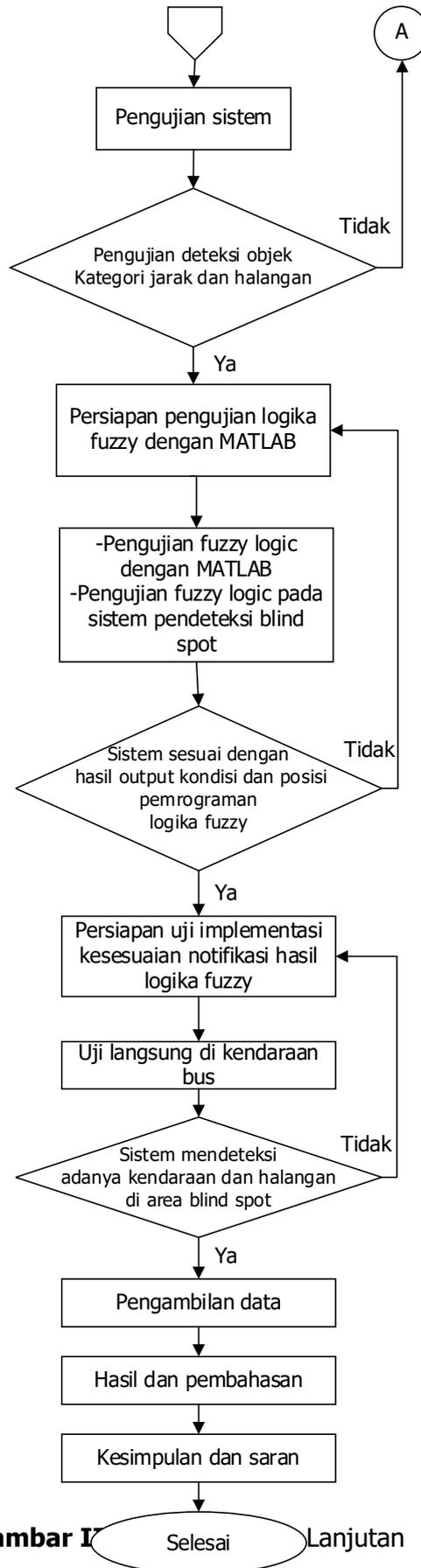
1. Tahap *Analisis*, tahap menentukan tujuan pembuatan, peralatan yang dibutuhkan, spesifikasi komponen, teori yang digunakan dan contoh desain *alat* dan proses pembuatan *alat*.
2. Tahap *Desain*, tahap pembuatan layout sirkuit elektronik komponen pada PCB menggunakan software Autodesk Eagle.
3. Tahap *Development*, tahap perakitan alat dengan memasang kaki-kaki komponen pada PCB serta memasukkan pemrograman *input* dan utama pada alat.
4. Tahap *Implementation*, tahap uji coba alat dengan model pengujian serta implementasi alat pada kendaraan bus.
5. Tahap *Evaluation*, tahap memberikan kesimpulan dan saran atas penelitian ini dan diharapkan kedepannya dikembangkan jauh lebih atraktif.

III.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tahapan yang disusun secara sistematis. Adapun tahapan pada penelitian sebagai berikut :



Gambar III. 3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Lanjutan

Adapun penjelasan dari diagram alir penelitian di atas sebagai berikut.

1. Rumusan Masalah

Rumusan masalah didapat dari identifikasi masalah dari studi literatur dan observasi yang dialami oleh pengemudi bus Batik Solo Trans.

2. Kebutuhan Alat dan Bahan

Proses dimulai dengan penentuan kebutuhan sistem yang terdiri dari fitur, spesifikasi sensor, perangkat lunak (*software PC*) dan perangkat keras.

3. Perancangan Rangkaian Alat

Proses perancangan masuk dengan pembuatan skematik dan desain *Layout PCB* yang bertujuan untuk merutekan *wiring* antar komponen yang dipasang.

4. Perakitan dan Pemasangan Komponen

Perakitan dibuat berdasarkan desain skematik dan hasil *layout PCB* yang dibuat sebelumnya.

5. Penulisan pengkodean logika dan pemrograman sistem

Proses penulisan pemrograman sistem ditulis pada *software Arduino IDE* untuk dibuatkan proses dari *booting, input, processing* perintah dan *output* yang dihasilkan. Pengkodean logika dibuat terlebih dahulu menggunakan sintaks dengan menentukan himpunan, Fuzzifikasi, *rules*, defuzzifikasi.

6. Pengujian Sistem

pengujian dilakukan untuk menguji tingkat akurasi dan menguji fungsi ketepatan notifikasi dari sistem.

7. Pengambilan Data

Data yang diambil berdasarkan pengujian statis pada saat kendaraan diam dengan kategori jarak dengan output kondisi dan posisi serta membandingkan hasil sistem dengan hasil aktual di lapangan.

8. Kesimpulan dan Saran

Hasil analisa dan pembahasan dibuat kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian.

III.5 Kebutuhan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini diperlukan alat dan bahan penelitian sebagai berikut:

a. Alat

1. Unit Kendaraan Bus Batik Solo Trans Koridor I



Gambar III. 5 Bus Batik Solo Trans

Pada gambar III.5, objek penelitian yang digunakan menggunakan kendaraan bus merk Hino FC 190 milik PT Bengawan Solo Trans. Adapun properti pada *unit bus* sebagai berikut :

Tabel III. 1 Spesifikasi bus Hino FC190

Model	J05E-UP
Tipe kendaraan	Diesel Engine 4 Stroke Turbo Intercooler
Jumlah silinder	4
Tenaga maksimal	190/2500
Jarak sumbu roda	5.320 millimeter
Panjang unit	9.150 millimeter
Lebar unit	2.160 millimeter
Front Overhang	1.315 millimeter
Rear Overhang	2515 millimeter
Tinggi unit	2.310 milimeter

Dengan besarnya dimensi kendaraan yang terdiri dari panjang kendaraan, lebar kendaraan dan tinggi kendaraan serta FOH (*Front Overhang*), ROH (*Rear Overhang*) pada tabel III.1, peneliti

mengambil data tersebut sebagai objek penelitian tugas akhir peneliti karena fasilitas sarana dan prasarana mendukung untuk pengambilan data.

2. Laptop



Gambar III. 6 Laptop Acer Aspire E1

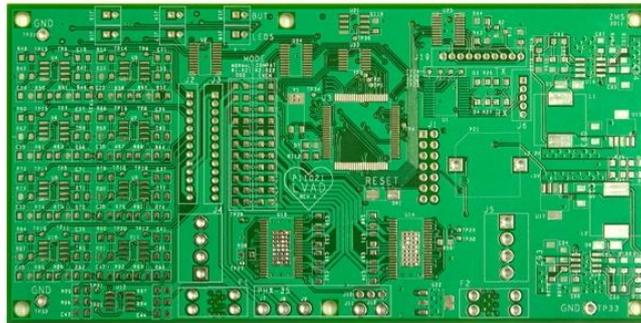
Laptop sangat penting digunakan proses penelitian. Adapun spesifikasi laptop yang digunakan pada penelitian sebagai berikut :

Tabel III. 2 Spesifikasi Laptop

<i>Merk</i>	Acer Aspire E1
<i>RAM</i>	4 GB DDR3 (3,87 usable)
<i>Processor</i>	Intel Core i3 Gen 7
<i>Hardisk</i>	512 GB
<i>Battery</i>	Li-ion 1.8 v-2500 mAh-37wh
<i>Display</i>	13" inch
<i>VGA</i>	Intel Inside 2GB
<i>OS</i>	Windows 7 Ultimate

Dengan spesifikasi pada tabel III.2, peneliti dapat membuat konsep rancangan sistem, membuat *wiring* komponen, menulis kode pemrograman di *page editor*, membuat *layout design* PCB serta mensimulasi hasil logika *fuzzy* dengan *software MATLAB*.

3. Printed Circuit Board (PCB)



Gambar III. 7 Papan PCB (Azhar, 2020)

Menurut (Pramuji, 2023) PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan papan yang digunakan sebagai sirkuit elektronik berbahan logam untuk menghubungkan komponen elektronik tanpa menggunakan kabel sebagai aliran sumber baterai.

Pada penelitian ini, pembuatan desain *layout PCB* pada gambar III.7 menggunakan *software Auto desk Eagle Fusion360* dengan memperhatikan komponen yang ditentukan.

Jenis PCB yang digunakan yaitu *PCB Double Sided PCB* dengan lapisan tembaga di kedua sisi permukaannya. Kelebihan menggunakan jenis PCB tersebut adalah efisiensi tata letak komponen yang rapi dan mengurangi penggunaan kabel yang memakan tempat (Darmawan, 2020).

Pembuatan *layout PCB* pada papan disesuaikan dengan besar kecilnya komponen yang diletakkan diatas papan. Selanjutnya *layout* dicetak pada kertas dan dipanaskan pada papan PCB. Hasil cetakan sudah menempel, papan model dilarutkan ke larutan campuran HCL (Asam Klorida) + H₂O₂ (Hidrogen Peroksida) + H₂O (Air) dengan komposisi 3 : 2 :1. Proses pelarutan dilanjutkan proses pengeboran yang dilakukan menggunakan mata bor PCB 0,8 mm s/d 1 mm pada papan tembaga PCB untuk selanjutnya komponen dapat dipasang pada papan PCB dengan disolder.

4. Mikrokontroler ESP32



Gambar III. 8 Mikrokontroler ESP(Prastyo, 2020)

Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler yang dibuat oleh Espressif System dengan peningkatan ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki *modul wifi dan bluetooth* untuk komunikasi dan pengiriman penerimaan data *input* dan output (Savitri, 2022).

Tabel III. 3 Spesifikasi mikrokontroler ESP32 Devkit (Puspasari, 2019)

Komponen	Spesifikasi
<i>Mikrokontroler</i>	ESP32
<i>Wireless Protocol</i>	Wireless 802.11 b / 1 standard
<i>Bluetooth Version</i>	BLE 4.0
<i>Operating Frequency</i>	2.4 GHz to 2.5 GHz
<i>Data Transmission rate</i>	150 Mb/s
<i>Operating Voltage</i>	2.7 – 3.6V
<i>Operating Temperature</i>	-40 to 85 C

Pada tabel III.3, penggunaan mikrokontroler digunakan untuk memproses pemrograman perintah logika *fuzzy* dari setiap sisi kendaraan dengan mengirimkan hasil *input* ke monitor utama dan dapat digunakan sebagai perangkat IoT (Internet Of Things) tanpa menggunakan kabel data sebagai jaringan pengiriman data (wireless).

5. Sensor Ultrasonik HC-SR04



Gambar III. 9 Sensor Ultrasonik(Puspasari, 2019)

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang menggunakan gelombang untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek di sekitarnya (Puspasari, 2019). Prinsip kerja dari sensor ultrasonik HC-SR04 dengan mengirimkan sinyal berupa gelombang ultrasonik dan mendeteksi pantulan kembali dari objek. Menurut (Prabowo, 2020) Sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki 4 pin yaitu *VCC*, *GND*, *Trigger* dan *Echo*. Pin *VCC* yaitu listrik bermuatan positif, *GND* sebagai *Ground*, *pin Trigger* untuk memacu keluarnya sinyal dan pin *Echo* untuk menangkap sinyal pantul yang diterima dari objek sekitar.

Pada gambar III.9, komponen ultrasonik digunakan sebagai input objek detector yang memancarkan gelombang ke objek sebesar 15 derajat dengan jangkauan paling jauh sebesar 300 cm (*centimeter*). Hasil *Input* yang dihasilkan akan diproses dengan fungsi *mills* agar setiap sisi yang dikirimkan tidak saling bertabrakan dan menimbulkan *corrupt data*

6. LED RGB



Gambar III. 10 Liquid Emitton Display(Rohgib, 2019)

Menurut (Fatmawati, 2020) LCD merupakan komponen elektronik yang dapat memancarkan cahaya dengan mengonversi elektron pada LED dan melepaskan daya dalam bentuk cahaya. Cara

kerja LED yang sama dengan dioda dengan elektron menggunakan sambungan positif-negatif (P-N) sehingga pancaran cahaya pada konduktor yang dipakai PADA LED adalah *galium*, *arsenic* dan *phosporus* yang menghasilkan warna cahaya yang berbeda.

Pada gambar III.10, komponen LED digunakan sebagai indikator deteksi objek kategori jarak berupa kondisi dan posisi. Nyala dari LED sendiri terdiri dari warna merah, warna biru dan warna biru yang disesuaikan dengan kategori jarak dari seluruh sisi yang terpasang sensor input.

7. Buzzer



Gambar III. 11 Buzzer(Fauza, 2021)

Menurut (Joko Christian and Nurul Komar, 2013) Buzzer merupakan komponen elektronik yang dapat berupa perangkat elektromekanis dan perangkat mekanis. Buzzer digunakan sebagai alarm peringatan bagi pengguna yang berupa suara bunyi klik dering atau *beep tone*. Pada pengembangan penelitian buzzer digunakan sebagai *output* variabel.

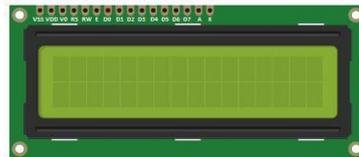
Tabel III. 4 Spesifikasi Buzzer (Ibnu Adib, 2020)

Komponen	Spesifikasi
Tegangan kerja	4V-8V DC
Arus Max	30Ma/5vDC
Kekuatan suara max	85Db/10 cm
Freq resonansi	2500+/- 300 Hz
Dimensi	12 x 7.5 mm

Berdasarkan spesifikasi buzzer pada tabel III.4, penggunaan suara buzzer pada penelitian digunakan sebagai notifikasi objek yang berada pada jarak < 150 meter dari seluruh deteksi sisi yang

dipasang pada *body* kendaraan yang akan dibunyikan melalui *monitor box* pada *dashboard* pengemudi. Bunyi buzzer disesuaikan dengan kategori jarak dan masukan dari mekanik agar bunyi tidak mengganggu pendengaran dan konsentrasi dari pengemudi apabila terjadi kecelakaan.

8. LCD 1602 + i2c



Gambar III. 12 Liquid Crystal Display(Erlangga, 2023)

Menurut (Anantama, 2020) LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu tampilan visual yang digunakan pada perangkat digital untuk menampilkan bilangan ataupun huruf. Prinsip kerja dari LCD dengan bekerjanya molekul kristal cair pada LCD untuk mengontrol cahaya yang akan dilewati layar, sehingga membentuk teks berupa huruf dan bilangan atau gambar. Berikut spesifikasi dari LCD 16 X 2 sebagai berikut.

Tabel III. 5 Spesifikasi *Liquid Crystal Display*(Anantama, 2020)

Tampilan	2 baris dengan 16 karakter
Control Interface LCD	HD44780 (Standar industri LCD)
Tegangan Kerja	5V DC
Dimensi modul	Sekitar 80 x 36 x 12 mm
Suhu	-20°C hingga + 70°C
Lampu latar LCD	Biru, hijau dan kuning.

Berdasarkan spesifikasi pada tabel III.5, LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan sebagai monitor pemberi informasi kepada pengemudi dengan *output* hasil deteksi jarak objek sensor, hasil fuzzifikasi posisi dan defuzzifikasi kondisi. Informasi yang diberikan bisa diganti sesuai dengan sikap pengemudi apakah hanya

10. Module Charger TP4056



Gambar III. 14 Module Charger TP4056(Ariawan, 2020)

Menurut (Ariawan, 2020) Modul *charger lithium TP-4056* digunakan untuk melakukan pengisian ulang (charge) baterai lithium ion dari *input* *microUSB*. Pada modul ini dilengkapi fitur proteksi *over discharge* dan *overload protection* untuk melindungi saat pengisian baterai Li-ion. Terdapat 2 lampu indikator sebagai indikator pengisian, Merah sedang melakukan pengisian sedangkan hijau pengisian sudah penuh.

Tabel III. 7 Spesifikasi Modul Charger TP4056

Komponen	Spesifikasi
Input	MicroUSB
Tegangan <i>input</i>	4.5 V – 5.5 V
Tegangan <i>stop cass</i>	4.2 V
Perlindungan <i>over discharge</i>	2.5 V
Suhu ideal pengisian	-10 s/d 85 C
Arus pengisian maksimal	1000 mA (1A)

Berdasarkan spesifikasi komponen pada tabel III.7, *Modul charger lithium TP-4056* digunakan untuk media perantara mengisi daya ulang baterai 18650 lithium-ion pada sensor input sisi kanan, kiri dan depan. *Module charger TP-4056* tidak mengirimkan notifikasi bentuk suara hanya indikator sebagai petunjuk pengisian pada baterai 18650.

11. ESP-32 CAM



Gambar III. 15 ESP32-CAM (Ariawan, 2020)

Menurut (Rahmawati, 2022) ESP32-CAM merupakan komponen yang dapat mendeteksi objek secara visual dengan besaran resolusi 2 MP (*Mega Pixel*). Selain itu, ESP-CAM bisa digunakan sebagai mikrokontroler untuk memproses data dan mengolah perintah. Pengiriman data pada ESP32-CAM menggunakan Wi-Fi yang dihubungkan pada perangkat dengan menggunakan IP Address 192.168.4.1.

Tabel III. 8 Spesifikasi ESP32-CAM
(Raka Agung, 2022)

Komponen	Spesifikasi
<i>Module</i>	ESP32-CAM
<i>RAM</i>	520 KB/S RAM
<i>Bluetooth</i>	4.2 BR/EDR dan BLE default
<i>Wifi</i>	802.11 b/g/n
<i>I/O Port</i>	9
<i>Support Interface</i>	UART, SPI, I2C, PWM

Pada penelitian ini, ESP3-CAM digunakan untuk mendeteksi objek berupa gerakan dan lingkungan. Hal tersebut berguna bagi pengemudi untuk memberikan peringatan intruksi dan kebutuhan yang memerlukan deteksi gerakan. Penggunaan ESP-32 CAM memerlukan perangkat tambahan yaitu dengan menggunakan *tab* ataupun gawai yang didalamnya ada *browser*.

b. Bahan Penelitian

Bahan dalam penelitian yang diperlukan yaitu solder timah, meteran, gunting dan mata bor. Bahan tersebut digunakan untuk merakit dan memasangkan seluruh komponen menjadi satu kesatuan yaitu sistem. Selain bahan tersebut, bahan penelitian yang disiapkan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel III. 9 Bahan Penelitian

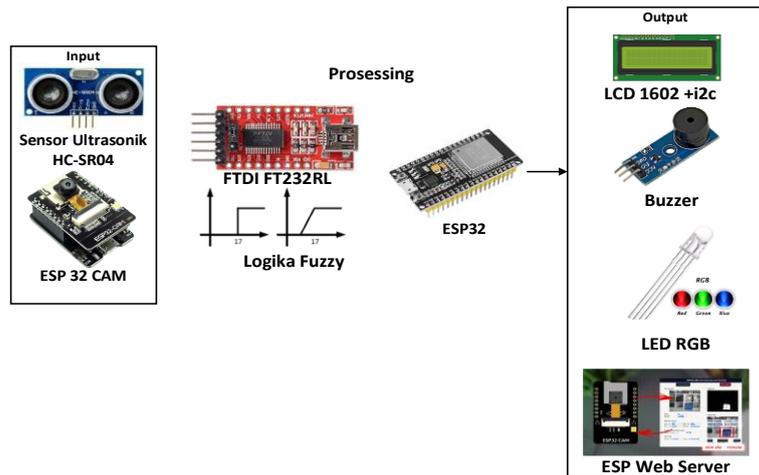
No	Software	Fungsi
1.	<i>Microsoft Visio</i>	Membuat berbagai diagram (<i>flowchart</i>).
2.	<i>Matlab Simulink R2020</i>	Membuat dan Menguji <i>Fuzzy Logic</i> melalui <i>FIS Toolbox</i> .
3.	AutoCad Fusion 360 Eagle	Untuk membuat <i>layout</i> PCB & Skema wiring monitoring dan <i>input</i> .
4.	Arduino IDE	Membuat perintah berupa <i>source coding</i> dalam bahasa pemrograman C++.
5.	AutoCAD 2020	Membuat sketsa area <i>blind spot</i> pada bus BRT Batik Solo Trans.

Pada tabel III.9, peneliti menggunakan bahan penelitian pendukung dengan menggunakan perangkat lunak untuk untuk proses penelitian perancangan dan pemrograman sistem. Hasil dari penelitian dikumpulkan, diolah dan dianalisis dengan mengembangkan argumen dan temuan yang dibutuhkan di lapangan.

III.6 Konsep Perancangan Sistem

Perancangan sistem berfokus pada merencanakan, mengembangkan dan membangun sistem yang mencakup gambar rancangan, komponen alat, desain peletakkan alat dan pembuatan *layout* PCB. Pada penelitian ini perancangan sistem disusun sebagai berikut :

- a. Gambar rancangan alat



Gambar III. 16 Perancangan Sistem

Pada gambar III.16, rancangan alat dan sistem pendeteksi objek digambarkan melalui blok diagram. Sistem yang dirancang bersifat *portable* sehingga tidak perlu merubah sistem kelistrikan pada kendaraan. Penentuan komponen berdasarkan pada spesifikasi maksimal komponen untuk memudahkan pengemudi dalam mengoperasikan sistem.

Perancangan alat mempertimbangkan biaya produksi dan pembuatan sehingga hasil yang didapatkan bisa maksimal dengan biaya seminimal mungkin. Perancangan alat mempertimbangkan untuk menjadi acuan pengembangan penelitian selanjutnya terkait fitur keselamatan sehingga dapat digunakan dan diimplementasikan secara langsung ke kendaraan.

Perancangan dibuat dengan model yang sederhana dengan output dan input yang sudah ditentukan supaya sistem dapat berjalan dengan baik dan tidak terjadi crash saat digunakan. Adapun jumlah komponen yang diperlukan untuk membuat sistem sebagai berikut :

Tabel III. 10 Komponen perancangan sistem

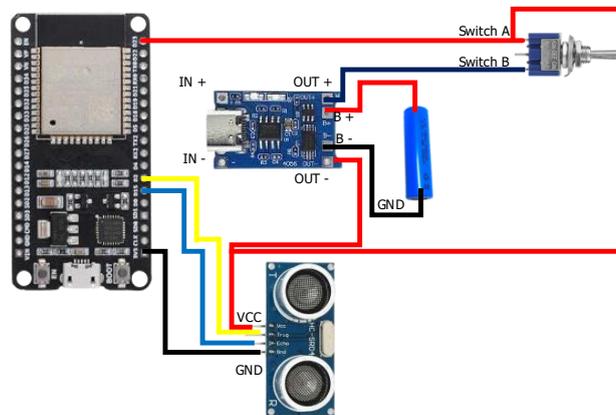
No	Komponen	Jumlah	Fungsi
1	Mikrokontroler	5	Tempat pemrosesan dan komunikasi <i>input</i> dan output data
2	<i>Sensor Input</i>	4	<i>Input</i> pendeteksi jarak objek
3	<i>LED RGB</i>	1	Output visual kategori kondisi jarak
4	<i>Buzzer 5V</i>	1	Output suara berdasarkan kondisi jarak
5	<i>LCD</i>	1	Output tampilan visual untuk mendeteksi posisi dan jarak.
6	Camera	1	<i>Input</i> dan Output Tampilan visual untuk mendeteksi kondisi

Komponen yang diperlukan sebagai satu kesatuan produk yang akan dirangkai dan dipasang pada unit kendaraan. Pemilihan komponen didasarkan pada kebutuhan penelitian tentang *blind spot* pada kendaraan yang menggunakan media pemrosesan mikrokontroler dan sensor sebagai komponen utama sistem.

Pada tabel III.10, jumlah komponen input mengikuti jumlah sisi pada seluruh kendaraan bus yang dibutuhkan. Komponen yang dibutuhkan dapat berubah dan bisa ditambah sesuai kebutuhan dari pengemudi bus tersebut. Namun, penambahan jumlah komponen sama saja menambah biaya produksi alat dan proses integrasi sistem yang lebih banyak. Hal tersebut diperlukan pengembangan yang kreatif agar sistem *blind spot* yang digunakan dapat di realisasikan dengan berbagai metode yang aplikatif dan mudah digunakan.

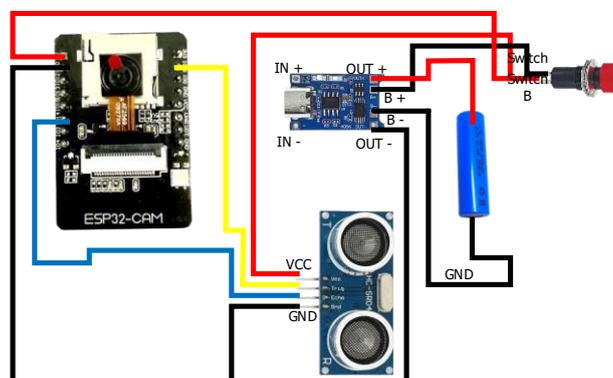
b. Skema Rangkaian

Skema rangkaian alat dirancang untuk menghubungkan komponen lainnya dengan menggunakan kabel. Adapun skema wiring sistem sebagai berikut :



Gambar III. 17 Rangkaian input box

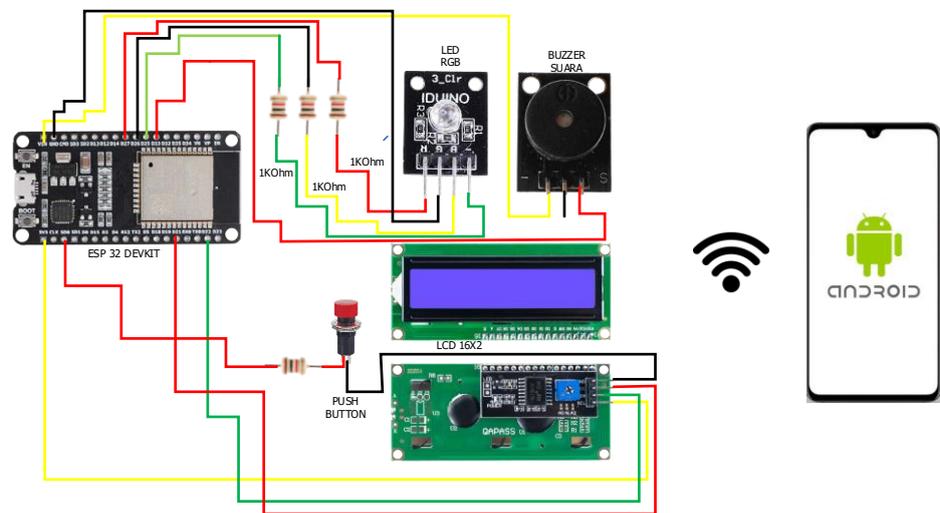
Pada gambar III.17, rangkaian yang digunakan pada *input* berjumlah 3 (tiga) buah yang masing-masing dipasang pada sisi kendaraan yaitu sisi kanan, sisi kiri, sisi depan. *Wiring* dibuat sama pada sisi depan, sisi kanan dan sisi kiri dengan sumber daya menggunakan baterai 18650 berkapasitas 3400 mAh dengan tegangan maksimal dapat diisi sebesar 4.2 volt dan posisi baterai kosong sebesar 3,0 volt.



Gambar III. 18 Rangkaian *input dan camera box*

Pada gambar III.18, *wiring* yang digunakan pada *input* dan *camera box* dengan jumlah 1 (satu) buah yang dipasang pada bagian belakang kendaraan dengan tambahan kamera sebagai *monitoring* objek *blind spot* total. Proses perintah dan pengiriman data *input* sensor serta gambar seluruhnya menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM sebagai *input* dan pemrosesan data dengan menggunakan jaringan Wi-Fi. Camera digunakan untuk mendeteksi objek Sumber daya pada rangkaian diatas menggunakan power supply eksternal 5 Volt.

Pada gambar III.19, merupakan *wiring* yang digunakan pada



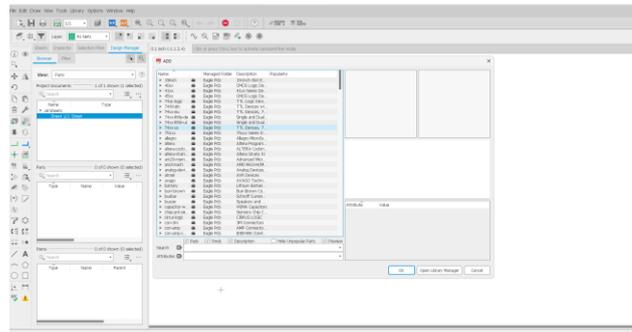
Gambar III. 19 Rangkaian Sistem *Control Box*

monitor box pengemudi dengan tambahan gawai sebagai *output* gambar *real-time* pada sisi belakang kendaraan. Sumber daya pada *monitor box* menggunakan *power supply* 5V yang tersedia pada *dashboard* bus BRT Batik Solo Trans Bus. Komponen LCD 16x2 digunakan untuk memantau status kerja deteksi pada setiap sensor dengan menampilkan huruf dan angka hasil deteksi objek.

Rancangan alat diatas memiliki notifikasi berupa *LED RGB* dan suara *buzzer* yang proses perintahnya dimasukkan pada mikrokontroler. Resistor dipasang pada papan PCB dengan ditempel dengan solder untuk menahan aliran arus berlebih dengan membuang sumber daya listrik sebagai panas.

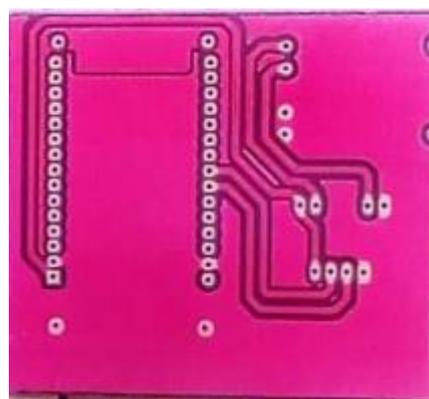
c. Perancangan Desain *Layout PCB*

Dalam proses desain *layout PCB* dilakukan setelah pemasangan rangkaian skematik pada kaki-kaki komponen yang dibutuhkan. Dimana pada *layout* peneliti dapat mengatur letak komponen dan jalur elektronik pada *PCB* dengan memperhatikan ukuran *PCB* untuk selanjutnya proses cetak.



Gambar III. 20 *Interface Software AutoDesk EaglePCB*

Jenis *PCB* yang digunakan pada sistem menggunakan jenis *PCB double sided* yaitu jenis *PCB* yang dilapisi dengan tembaga pada sisi atas dan sisi bawah papan tembaga *PCB*. Hal tersebut memungkinkan pemasangan komponen pada papan *PCB* tidak bergoyang saat sistem tersebut dipasang. Bentuk *PCB* pada seluruh sisi baik sisi kanan, sisi kiri dan sisi depan menggunakan jenis *PCB* dengan *layout* yang sama.



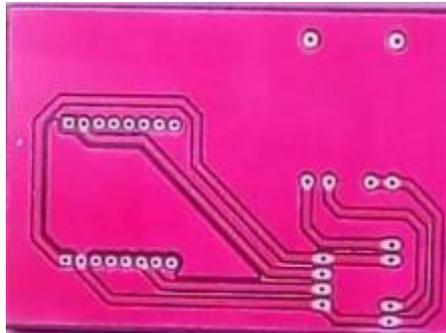
Gambar III. 21 *Layout PCB input*

Pada gambar III.21 *layout PC* digunakan sebagai tempat meletakkan komponen mikrokontroler dengan sensor *input*. Pada *layout* dibuat dan ditempelkan pada papan dengan soldier dengan ukuran 75

mm x 55mm. Adapun komponen yang digambarkan pada board *input* meliputi sebagai berikut :

1. Mikrokontroler ESP32
2. *Modul Charger TP4056*
3. *Switch Layout*
4. *Pinhead battery*
5. *Pinhead Switch*
6. *Pinhead Ultrasonik.*

Kaki- kaki komponen selanjutnya dipasang pada papan PCB dengan disolder dan *connector molex* dipasang untuk menghubungkan saklar *on off* dan *port socket* baterai 18650 ke papan PCB sebagai sumber daya *input*.



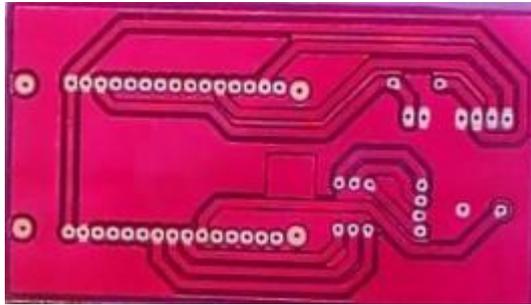
Gambar III. 22 *Layout PCB CAM dan input*

Pada Gambar III.22 *layout PCB* digunakan sebagai peletakan kamera dengan sensor *input*. Pemrosesan dan pengolahan data input serta visual gambar menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM sendiri. Layout dibuat dan ditempelkan pada papan dengan solder dengan ukuran 75 mm x 55mm. Adapun komponen yang digambarkan pada board *input* belakang sebagai berikut :

1. ESP32-CAM
2. *Pinhead Ultrasonik HC-SR04*
3. *Pinhead FTDI FT232RL*
4. *Pinhead Push Butto*

Kaki- kaki komponen selanjutnya dipasang pada papan PCB dengan disolder dan *connector molex* dipasang untuk menghubungkan push button sebagai tombol on/off kamera dan sensor input. Sumber

daya yang digunakan berasal dari eksternal sehingga diperlukan daya sebesar 5V untuk menghidupkan input dan kamera.



Gambar III. 23 *Layout PCB dashboard monitor box*

Pada Gambar III.23 *layout PCB* digunakan sebagai peletakan komponen utama monitor box. Pemrosesan dan pengolah data input serta visual gambar menggunakan mikrokontroler ESP32. Bentuk layout dibuat dan ditempelkan pada papan dengan solder dengan ukuran 75 mm x 55mm. Adapun komponen yang digambarkan pada board *input* belakang sebagai berikut :

1. Mikrokontroler ESP32
2. Resistor pull down
3. Buzzer EB29902
4. LED RGB 5MMRGB
5. *Pinhead* LCD I2C
6. *Pinhead* switch button
7. *Pinhead* FTDI Ft232rl
8. *Pinhead* charger TP4056

d. Perancangan Peletakkan Sistem

Penempatan alat berupa *monitor box* dan *sensor box* pada luar kendaraan bus.



Gambar III. 24 Peletakkan *sensor box* sisi kanan dan kiri

Penempatan sensor sebelah kanan badan kendaraan dipasang 1 (satu) sensor pada spakbor depan ban kanan karena sudut yang ditampilkan pada spion lebih besar dari sudut yang dibentuk oleh kaca spion sebelah kiri. Sehingga memungkinkan kendaraan atau objek lain berada diluar penglihatan pengemudi melalui spion.



Gambar III. 25 Peletakkan sensor input dan visual sisi belakang

Penempatan sensor *input* sisi belakang kendaraan dipasang 1 (satu) sensor dengan tambahan kamera untuk memberi tampilan visual sisi belakang pada kendaraan. Pada sisi kiri, pengemudi terlihat kesulitan karena posisi menyetir ada disebelah kanan maka diperlukan sensor di sisi kiri sebanyak 1 (satu) sensor untuk memantau objek disekeliling kendaraan yang diletakkan diatas spakbor bus ban kiri depan

Penempatan sensor *input* pada sisi depan dipasang 1 (satu) buah sensor yang diletakkan di bawah kaca depan utama karena untuk menjaga jarak aman pengemudi bila terlalu dekat dengan objek. Arah sensor diarahkan mencakup area depan dengan sudut pembacaan 15° serta objek yang mendekat dari samping depan.



Gambar III. 26 Peletakkan sensor box sisi depan

Penempatan dengan menggunakan sensor *input* ultrasonik dipasang sejajar dengan tinggi yang sama diseluruh sisi depan, kiri, kanan dan belakang kendaraan. Penempatan alat diletakkan untuk memaksimalkan kinerja sensor dalam pembacaan deteksi objek.

III.7 Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Sistem kontrol dibentuk untuk mengolah perintah dari *input* ke output melalui algoritma logika *fuzzy* yang dibentuk dan implementasikan pada alat. Pada penelitian ini sistem kontrol logika fuzzy ditampilkan pada diagram alur sebagai berikut.



Gambar III. 27 Alur pemrograman logika *fuzzy* pada sistem

Sistem *blind spot* menggunakan logika *fuzzy model sugeno* sebagai algoritma pengambilan keputusan. Logika fuzzy disini memungkinkan sistem untuk menangani perhitungan dari data *input* sensor. Adapun penjelasan dari sistem kontrol logika *fuzzy* pada penelitian sebagai berikut.

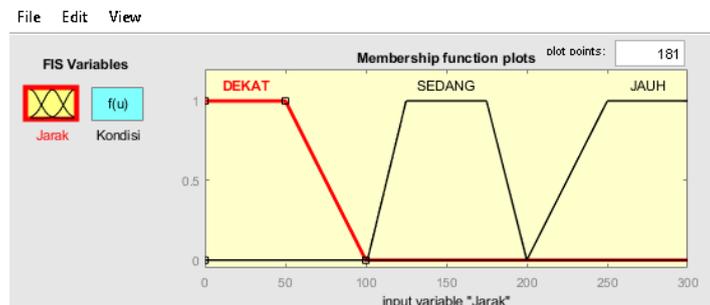
1. Menentukan Himpunan *Fuzzy* (parameter dan indikator)

Input yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 1(satu) variabel yaitu jarak. Variabel jarak dibagi menjadi 3 himpunan pada setiap variabelnya. Penelitian ini dirancang dengan *output* 3 himpunan yang ditampilkan pada LCD. Adapun indikator input ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel III. 11 Indikator input alat dan parameter input MATLAB

Variabel Input	Kategori Input	Indikator Alat	Kurva	Parameter MATLAB
Jarak	Dekat	0-100 cm	Trapesium	[0 50 75 100]
	Sedang	101-199 cm	Trapesium	[101 125 175 199]
	Jauh	200-300 cm	Trapesium	[200 250 300 300]

pada tabel III.11, indikator alat dimasukkan dalam pemrograman arduino IDE dan parameter dimasukkan ke *software* sehingga terbentuk fungsi keanggotaan sebesar [0 1]. Fungsi keanggotaan ditampilkan pada *plots* diagram software MATLAB sebagai berikut.



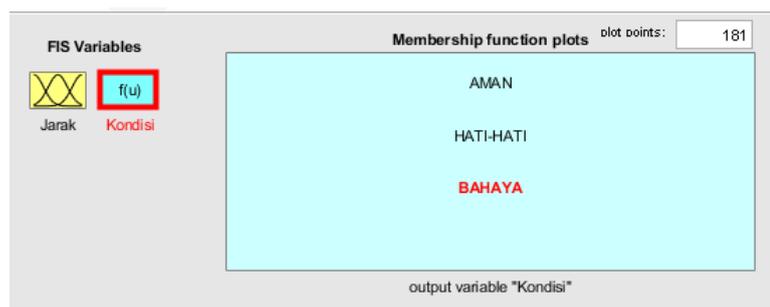
Gambar III. 28 Kurva fungsi keanggotaan jarak di MATLAB

Pada gambar III.28, *plots* fungsi keanggotaan dekat menggunakan fungsi trapesium karena rentang nilai yang luas dari 0-100 cm, *plots* fungsi keanggotaan sedang menggunakan fungsi trapesium karena rentang nilai yang besar dari 101-199 cm dan *plots* fungsi keanggotaan jauh menggunakan fungsi trapesium dari 200-300 cm karena rentang nilai yang besar sehingga daerah nya sama lebih besar dengan fungsi keanggotaan dekat. Pada himpunan fuzzy ditentukan *output* derajat keanggotaan untuk fuzzifikasi pada alat dan parameter *output* MATLAB dengan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel III. 12 Indikator output alat dan parameter output MATLAB

Variabel Output	Kategori Output	Indikator	Range Fuzzy	Parameter MATLAB
	Bahaya	0-100 cm	[0 1]	[0 1]
Kondisi	Hati-Hati	101-199 cm	[0 1]	[0 1]
	Aman	200-300 cm	[0 1]	[0 1]

Pada tabel II.12 range fuzzy dimasukkan dalam pemrograman alat dan parameter dimasukkan pada *software* MATLAB sehingga terbentuk fungsi keanggotaan *output*. Fungsi keanggotaan ditampilkan pada *plots* membership sebagai berikut.



Gambar III. 29 Plots parameter kondisi output MATLAB

Pada gambar III.29, *plots* bahaya menggunakan variabel *output* dengan memasukkan parameter range [0 1]. *Plots* hati-hati menggunakan variabel *output* dengan memasukkan parameter range [0 1] dan *plots* aman menggunakan variabel *output* dengan

memasukkan parameter range [0 1]. Hal tersebut dikarenakan nilai tersebut untuk menentukan besarnya derajat keanggotaan fungsi keanggotaan logika fuzzy pada kategori jarak dekat, jarak sedang maupun jarak jauh dengan menggunakan kurva trapesium.

2. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi dilakukan dengan menentukan derajat keanggotaan dengan ditunjukkan pada tabel II.12. Pada alat dibuat fungsi keanggotaan yang digunakan pada input sisi depan, kanan, kiri dan belakang. Proses fuzzifikasi dilakukan dengan menghitung nilai derajat keanggotaan setiap anggota himpunan dari nilai *input* dengan memasukkan rumus perhitungan sebagai berikut.

Tabel III. 13 Parameter rumus fuzzifikasi

IF	Fuzzifikasi	Then
(jarak[input] range dekat)	Fuzzy [Input] = $\frac{\text{jarak [input]} - 50}{100 - 50}$	Dekat
(jarak[input] range sedang)	Fuzzy[input]= $\frac{\text{jarak [input]} - 100}{150 - 100}$	Sedang
(Jarak [input] range jauh)	Fuzzy [input]= $\frac{\text{jarak [input]} - 200}{200 - 150}$	Jauh

Dari tabel III.13 persamaan diatas ditulis untuk menghitung nilai derajat keanggotaan yang didasarkan pada persamaan (2) untuk keseluruhan fungsi keanggotaan baik variabel dekat, variabel sedang, variabel jauh. Untuk membedakan nilai fuzzifikasi pada seluruh sisi deteksi objek kendaraan pada tampilan LCD di bagi menjadi FZY1 untuk sisi depan, FZY2 untuk sisi kanan. FZY3 untuk sisi kiri, FZY4 untuk sisi belakang.

Pada software MATLAB fuzzifikasi ditunjukkan dengan memasukkan parameter input yang ditunjukkan pada tabel III.12 dan gambar III.28.

3. Inferensi

Perhitungan masing-masing sisi hasil fuzzifikasi diolah menggunakan aturan yang dibuat menjadi inferensi. Aturan ini digunakan untuk menyatakan kategori jarak sebagai *input* dan kategori kondisi sebagai *output*. Pada aturan ini dibentuk aturan *IF-THEN* dengan pendahuluan *IF* dan kesimpulan yaitu *THEN*. Inferensi dimasukkan pada pemrograman alat maupun software. Adapun aturan yang dibentuk sebagai berikut. Parameter ini dimasukkan pada *software* dan pemrograman alat.

Tabel III. 14 Parameter aturan fuzzy

IF				THEN	
FZY1	FZY2	FZY3	FZY4	Output	Logika
Dekat	Dekat	Dekat	Dekat	Bahaya	AND
Dekat	Sedang	Jauh	Jauh	Bahaya	AND
Sedang	Dekat	Sedang	Jauh	Hati-Hati	AND
Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Hati-Hati	AND
Sedang	Jauh	Jauh	Jauh	Hati-Hati	AND
Jauh	Jauh	Sedang	Sedang	Hati-Hati	AND
Jauh	Jauh	Jauh	Jauh	Aman	AND

Pada tabel III.14 pemrograman logika *fuzzy* menggunakan logika *AND* untuk menunjukkan nilai penggunaan operator irisan pada himpunan untuk mencari nilai minimum dari setiap aturan.

4. Agregasi

Setelah proses inferensi aturan selanjutnya proses agregasi. Proses agregasi diperlukan untuk mengevaluasi kembali hasil setiap kategori dengan metode sugeno dengan menggunakan fungsi min.

Tabel III. 15 Agregasi sistem *blind spot*

Output Kondisi	Fungsi	Agregasi
Bahaya	Min	Rule 1, rule 2
Hati-Hati	Min	Rule 3, rule 4, rule 5, rule 6
Aman	min	Rule 7

Pada tabel III.15, fungsi agregasi diterapkan untuk mengevaluasi setiap hasil kategori *output* untuk selanjutnya dilakukan proses defuzzifikasi dalam menentukan kedipan dan suara buzzer yang dimasukkan pada pemrograman alat.

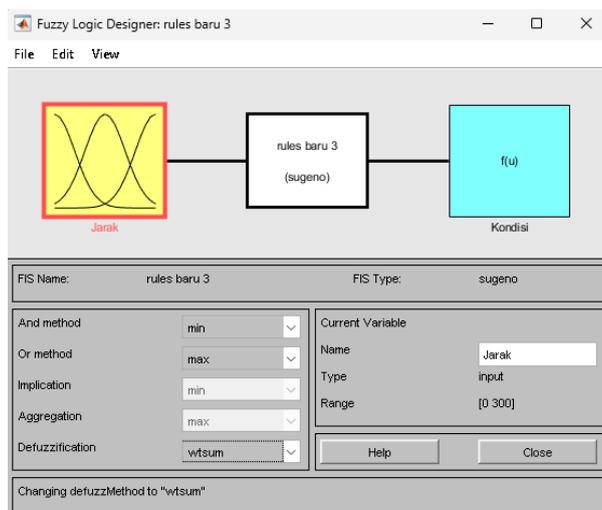
5. Defuzzifikasi

Setelah proses inferensi dan agregasi maka proses akhir logika adalah defuzzifikasi. Proses ini dengan merubah nilai *fuzzy* ke dalam parameter output. Adapun defuzzifikasi pada alat dijabarkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel III. 16 Indikator tambahan dan parameter output alat

Defuzzifikasi Kondisi	Indikator	Status LED RGB	Buzzer
Bahaya	0- 100 cm	Merah	Menyala
Hati-Hati	101-199 cm	Merah Hijau	Mati
Aman	200-300 cm	Hijau	Mati

Pada tabel II.16, proses defuzzifikasi membagi kategori dengan indikator yang telah ditentukan. Hasil dari defuzzifikasi ditampilkan pada LCD dan proses defuzzifikasi digunakan untuk menentukan kedipan dari LCD serta bunyi dari buzzer.



Gambar III. 30 Defuzzifikasi kondisi MATLAB

Defuzzifikasi yang digunakan pada software MATLAB menggunakan model weighted sum yang berarti menjumlahkan seluruh nilai fuzzifikasi pada input. Pada penelitian ini weighted sum diperlukan untuk menentukan sisi mana yang paling dekat berdasarkan skor tertimbang dengan hasil output bahaya, hati-hati aman sesuai parameter output yang telah ditentukan pada tabel III.12. Pada alat *blind spot detector* logika fuzzy hasil dari proses fuzzifikasi dan inferensi digunakan untuk mengontrol LED dan jeda buzzer. Untuk membedakan kedipan LED dan jeda buzzer diperlukan fungsi mills pada arduino IDE yang ditunjukkan pada lampiran 8.

III.8 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kesalahan pembacaan deteksi objek dan mengetahui besarnya akurasi pengujian logika fuzzy menggunakan *confusion matrix*. Adapun pengujian pada penelitian ini sebagai berikut :

a. Pengujian persentase error sensor

Pengujian dilakukan untuk mengetahui error pembacaan sensor. Pengujian dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Error\ rate : \frac{selisih}{Nilai\ Sebenarnya} \times 100\%. \quad (13)$$

Hasil kesalahan tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan pembacaan selama proses pembacaan pada uji data yang disediakan.

b. Pengujian akurasi logika fuzzy

Pada proses pengujian menggunakan model *confusion matrix* untuk menghitung besaran akurasi dari *output fuzzy logic* dari alat terhadap software MATLAB (Johra and Shuvo, 2021). Adapun perhitungan *confusion matrix* sebagai berikut.

Tabel III. 17 Confusion matrix kondisi

	Aman	Hati-Hati	Bahaya
Aman	TP	FN	FN
Hati-Hati	FN	TP	FN
Bahaya	FN	FN	TP

Pada tabel III.17 matriks TP menjelaskan uji kasus dimana model memprediksi positif dan benar. TN merupakan uji kasus dimana model memprediksi positif dan salah. FP merupakan kasus dimana model memprediksi positif tetapi salah (error I) dan FN merupakan kasus dimana model memprediksi negatif tetapi salah (error II). Besaran akurasi dari output logika fuzzy dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$CM\ Accuracy = \frac{TP + TN}{TN + TP + FP + FN} \quad (11)$$

Keterangan : *CM Accuracy* : Tingkat akurasi dari sistem (%)

TP : *True Positive*

TN : *True Negative*

FN : *False Negative*

FP : *False Positive*